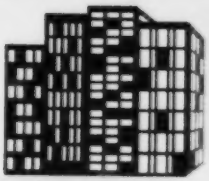
L'Énergie atomique du Canada, Limitée

Les stratégies d'une société d'État au sein d'un marché mondial oligopolistique



Une étude préparée pour le
Conseil économique du Canada

89-04335/

Le **Conseil économique du Canada** est un organisme consultatif indépendant dont le mandat lui enjoint de faire des études, donner des avis et dresser des rapports concernant une grande variété de questions rattachées au développement à moyen et à long termes de l'économie canadienne. Le Conseil est une société de la Couronne composée d'un président, de deux directeurs et d'au plus vingt-cinq autres membres.

En tant que personne morale, le Conseil assume l'entière responsabilité du contenu de l'*Exposé annuel*, ainsi que de certains autres rapports qui sont clairement désignés comme étant des *Rapports du Conseil*. Il publie aussi d'autres ouvrages dont le contenu est explicitement attribué à des auteurs particuliers plutôt qu'au Conseil lui-même. Ces ouvrages à nom d'auteur sont publiés dans l'une ou l'autre des collections suivantes : les *Études*, qui portent sur des sujets susceptibles d'intéresser un vaste auditoire; les *Analyses techniques*, qui traitent de questions susceptibles d'intéresser les spécialistes dans les domaines étudiés; les *Documents*, qui renferment les résultats provisoires de travaux en cours ou portent sur des sujets s'adressant à un auditoire hautement spécialisé dans le but de stimuler la discussion entre spécialistes, et les *Comptes rendus de conférences*. Le Conseil établit une politique générale touchant ces textes, mais c'est au président qu'il incombe de prendre la décision finale de faire publier, sous les auspices du Conseil, des ouvrages dans ces quatre collections.

Pour se prononcer sur la qualité et l'objectivité des ouvrages à nom d'auteur, le président est conseillé par les deux directeurs. De plus, dans le cas des études et des analyses techniques, le président et les deux directeurs sollicitent l'avis de lecteurs extérieurs spécialisés, qui remettent un rapport confidentiel sur la qualité de ces textes. Le fait de publier un ouvrage à nom d'auteur ne signifie pas que le président ou les membres du Conseil souscrivent aux conclusions ou recommandations qu'il contient, mais plutôt que l'analyse est jugée d'une qualité suffisante pour être portée à l'attention du public.

L'Énergie atomique du Canada, Limitée

George Lermer

M. George Lermer est directeur de la School of Management de l'Université de Lethbridge en Alberta. Il a reçu sa formation au Massachusetts Institute of Technology ainsi qu'à l'Université McGill. Entre 1962 et 1974, il a enseigné l'économie dans plusieurs universités canadiennes, dont l'Université de Waterloo et l'Université Concordia de Montréal. Après avoir occupé le poste d'économiste principal au Conseil économique du Canada, il a été nommé responsable, en 1976, de la Direction des ressources au Bureau de la politique de concurrence, Consommation et corporations Canada, poste qu'il a occupé jusqu'en 1981. Il est l'auteur et l'éditeur de plusieurs ouvrages et articles portant sur le capital de risque, les institutions financières, le commerce, l'organisation industrielle et la réglementation. Il a également agi à titre d'expert-conseil pour divers ministères gouvernementaux et entreprises privées, ainsi que pour le Conseil économique du Canada.

GEORGE LERMER

L'Énergie atomique du Canada, Limitée

Les stratégies d'une société d'État au sein d'un marché mondial oligopolistique

Les résultats de cette étude demeurent l'entière responsabilité de l'auteur et, en tant que tels, n'ont pas reçu l'adhésion des membres du Conseil économique du Canada.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste auprès du :

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

N° de catalogue EC22-145/1987F au Canada : 8,95 $
ISBN 0-660-92110-3 à l'étranger : 10,75 $

Prix sujet à changement sans préavis

Tous droits réservés. On ne peut reproduire aucune partie du présent ouvrage, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photographique) ni en faire un enregistrement sur support magnétique ou autre pour fins de dépistage ou après diffusion, sans autorisation écrite préalable des Services d'édition, Centre d'édition du gouvernement du Canada, Ottawa, Canada K1A 0S9.

This study is also available in English under the title: *Atomic Energy of Canada Limited*.

Table des matières

Avant-propos ix

Préface xi

1 Introduction 1

2 Justifications de la présente étude de cas 3
Objectifs de l'étude 3
La préférence accordée à l'intervention gouvernementale 3
Évaluation de la réussite de la technologie CANDU 4
Études de cas ou analyse théorique de la politique gouvernementale ? 5

3 Le choix entre l'entreprise publique et l'entreprise privée 7
Le fardeau de la preuve 7
Les considérations théoriques 7
La séparation de la fonction de gestion et de la propriété 7
Quatre mécanismes de l'organisation sociale qui modifient les coûts de la relation de mandataire 9
Les contraintes d'ordre politique 9
L'évaluation du rendement des cadres dans des marchés de produits complexes 10
L'esprit de gestion et l'esprit d'entreprise 11
L'esprit d'entreprise et l'industrie nucléaire 12
Le marché des fusions 13
Les marchés financiers internes 13
L'efficacité du jeu politique 15
Les considérations politiques 16
La comparaison entre l'intervention du secteur public et l'intervention du secteur privé dans les programmes de mise au point de réacteurs nucléaires à l'étranger 16
La transformation du programme nucléaire du Canada en un projet du secteur public 17
L'influence du nationalisme au Canada 18
La définition du mandat de l'EACL : avait-on l'intention de faire de l'EACL un laboratoire de recherche gouvernemental ou une entreprise commerciale ? 19
Le rôle grandissant de l'exploitation commerciale du CANDU 21

4 Le cadre d'une analyse de l'organisation 25
La stratégie de l'entreprise 25
La gestion stratégique 25
Les marchés financiers 26
Les marchés des produits 26

L'organisation 26
La motivation des cadres 27
L'EACL et le marché financier 28
L'aide financière du gouvernement fédéral 28
Le déplacement de l'autorité vers le gouvernement 28
L'organisation de l'EACL 30
La gestion de systèmes techniques complexes 30
L'attention insuffisante accordée à l'eau lourde 30
Les changements survenus à l'EACL depuis 1978 31
Le marché des produits 33
La diversification 33
L'intégration 33
La stratégie visant le marché des produits 34
La détermination de la stratégie : production à coûts plus avantageux, production différenciée, production orientée 34
L'industrie nucléaire des États-Unis et de la France 35
Les antécédents de l'industrie américaine 35
Le fléchissement de la demande de réacteurs nucléaires 38
Les répercussions à l'étranger du programme d'énergie nucléaire des États-Unis 39
Le programme nucléaire français : une réussite ou un échec 39
La stratégie canadienne de commercialisation du CANDU 40
Le peu d'importance accordée à la commercialisation à l'étranger 40
L'incapacité de conquérir un marché américain en plein essor 43
Le rôle de l'eau lourde dans l'échec commercial du CANDU 44
La lenteur à mettre en service une centrale de démonstration 44
Le rôle d'Hydro-Ontario 45
Résumé 45
L'industrie nucléaire est-elle nécessairement d'envergure mondiale ? 46
La courbe d'expérience 46
La réputation et la crédibilité 46
Les caractéristiques distinctives du réacteur CANDU 47
L'Ontario au premier plan 48
Les coûts d'implantation sur le marché américain 48
Les intérêts politiques de l'Ontario 49

5 La stratégie de l'entreprise dans un marché en régression 51
Les aspects de la régression de la demande de réacteurs nucléaires 52
Les types de réacteurs concurrents 55
La comparaison entre le charbon et l'uranium : l'énergie nucléaire est-elle concurrentielle ? 56
L'analyse de Hydro-Ontario 57
L'analyse de l'OCDE 57
Les résultats d'une analyse faite aux États-Unis 58
Les taux d'intérêt réels utilisés par Hydro-Ontario 58
Les évaluations du ministère de l'Énergie, des mines et des ressources 59

6 Une analyse coûts-avantages rétrospective et prospective 61

Une estimation des coûts de R-D de la filière CANDU 61
Une comparaison des coûts et avantages d'une centrale CANDU et d'une centrale thermique à charbon pour Hydro-Ontario 63
Une comparaison des coûts et avantages d'un réacteur CANDU et d'un réacteur à eau légère pour Hydro-Ontario 64
L'avenir du CANDU 66
L'implantation du réacteur CANDU sur le marché américain 67
Les conséquences financières du maintien du programme CANDU 67

7 Conclusion 69

Notes 71

Liste des tableaux et graphique 73

Bibliographie 75

Avant-propos

La présente étude a été entreprise dans le cadre du projet de recherche du Conseil sur l'entreprise publique. Le but général de ce projet – dont les résultats ont été publiés fin 1986 sous le titre *L'État entrepreneur – Une étude des sociétés d'État au Canada* – était d'améliorer nos connaissances au sujet des sociétés détenues et contrôlées aux paliers fédéral et provincial, gérées de façon autonome par rapport au gouvernement, et ayant d'importantes fonctions commerciales. Plus précisément, le projet devait permettre de répondre à deux questions bien précises : quel rôle convient à l'entreprise publique en tant qu'instrument, entre autres, de la politique publique ? Et, deuxièmement, comment devrait être structuré l'appareil de contrôle au sein du gouvernement afin de tirer le meilleur parti possible de cet instrument ?

Le projet de recherche comprenait à la fois un examen des questions générales concernant la propriété du gouvernement et une étude de la performance d'entreprises et secteurs particuliers. La présente monographie de George Lermer est le résultat de l'une des études de cas préparées dans le cadre du projet. Les difficultés qui ont affligé l'industrie canadienne des réacteurs nucléaires ont, au fil des ans, constitué un dossier considérable. Dans son étude, le professeur Lermer présente une évaluation des coûts et des avantages du système CANDU et examine d'une façon plus générale le recours à une entreprise publique pour la mise au point et la commercialisation d'une technologie complexe. Comme la mise au point du réacteur CANDU était nécessairement un processus long et coûteux et comportait un risque commercial particulièrement élevé, elle correspondait au genre d'initiative qui nécessite présumément une intervention ou un appui du gouvernement. L'expérience d'Énergie atomique du Canada, Limitée constitue une bonne mine de connaissances sur les avantages et les dangers que comporte une telle intervention, lorsque celle-ci revêt la forme d'une entreprise publique.

George Lermer est l'auteur de nombreux écrits sur l'économie et la politique publique canadiennes. Il est actuellement directeur de la School of Management de l'Université de Lethbridge.

Judith Maxwell
Présidente

Préface

Étant donné leur grand nombre, il m'est impossible de nommer toutes les personnes qui m'ont aidé à rédiger la présente étude. En outre, comme j'envisage l'avenir de l'industrie canadienne des réacteurs nucléaires avec un certain pessimisme, je ne suis pas sûr que toutes les personnes que j'ai consultées aimeraient voir leur nom associé à mes travaux. De façon plus précise, cette étude révèle que les perspectives de rentabilité associées à l'exportation de la technologie CANDU ne sont guère réjouissantes. Ce constat découle en partie du fait que la société d'État, a-t-on établi, est une forme d'organisation qui ne convient pas à la commercialisation d'une nouvelle technologie dans un marché international hautement concurrentiel. Dans le passé, les contraintes et les horizons politiques ont influé sur le choix de la structure que l'Énergie atomique du Canada, Limitée (EACL) devait adopter et ont, à mon avis, amené l'EACL à se concentrer, de façon fort peu judicieuse, sur la mise au point de la filière CANDU à l'intention du seul marché canadien. La société n'a pas saisi l'importance de se bâtir une réputation en faisant de la technologie CANDU une réussite commerciale sur les marchés internationaux et de rassurer les acheteurs étrangers éventuels qui s'inquiètent de la présence de lacunes importantes dans la filière CANDU. Malgré la réorganisation de l'EACL amorcée en 1978, il y a peu de raisons de croire que l'EACL parviendra aujourd'hui à modifier le bilan commercial négatif des réacteurs CANDU.

La présente étude renferme une nouvelle analyse coûts-avantages pour déterminer l'ampleur de la réussite ou de l'échec de l'EACL et fournir des données de référence pour décider s'il y a lieu de procéder à de nouveaux investissements publics pour soutenir l'industrie. À l'heure actuelle, malgré les nombreuses déceptions qu'a suscitées la mise au point de la filière CANDU, il semble que cette technologie soit moins coûteuse que le charbon en Ontario. Le gouvernement de l'Ontario économise environ 800 $/kW (en dollars de 1981) en optant pour la technologie CANDU de préférence au charbon, tandis que le gouvernement fédéral a investi une somme à peu près équivalente dans le programme de recherche-développement de l'EACL, investissement qui s'est avéré profitable aux seuls consommateurs d'électricité ontariens. Cependant, en se substituant à la technologie nucléaire CANDU, il est possible que le charbon n'ait pas été la meilleure alternative comme moyen de produire de l'électricité. La société Hydro-Ontario aurait pu préférer à la filière CANDU un réacteur à eau légère. On estime que le gouvernement de l'Ontario économise *au plus* un montant très modeste, tout juste 41 $/kW (en dollars de 1981), en choisissant la filière CANDU plutôt qu'un réacteur à eau légère de conception américaine. Il reste que la technologie CANDU est le moyen de production qui convient le mieux à la province de l'Ontario, étant donné que celle-ci souhaite augmenter sa capacité de production, tant que la province ne prend pas en considération la part fournie par les citoyens du pays à la contribution du gouvernement fédéral. Les coûts du soutien de la R-D que le gouvernement fédéral ne pourra probablement jamais récupérer sont évalués à environ 12 milliards de dollars (en dollars de 1981), soit à peu près 800 $/kW (en dollars de 1981).

Les hommes politiques en Ontario et dans l'ensemble du Canada n'ont pu résister à la filière CANDU qui promettait en même temps d'utiliser des ressources nationales plutôt que des importations, d'être rentable et de donner au pays un projet prestigieux faisant appel à une technologie de pointe. Pourtant, il n'était pas nécessaire qu'une entreprise publique se saisisse du projet. J'ai observé que cette forme d'entreprise n'était pas à la hauteur pour commercialiser la technologie CANDU et ce, à maints égards. Malheureusement, il m'est difficile de préciser la nature de la structure optimale d'organisation.

Des recherches fouillées devront être faites sur les structures de gestion appropriées dont on aura besoin pour diriger l'exécution de grands projets technologiques et pour les commercialiser. Bien que ces fonctions fassent partie du menu quotidien des grandes entreprises, de nombreuses réussites et de nombreux échecs restent incompréhensibles. En rédigeant cette préface, je me suis rappelé l'ouvrage qu'ont publié Sayles et Chandler (1971) sur la National Aeronautic and Space Administration (NASA), une organisation qui est aujourd'hui en lambeaux sinon totalement anéantie. Cet ouvrage est l'un des rares que j'ai pu trouver sur les problèmes aigus que pose la gestion de projets technologiques complexes, sans parler de leur commercialisation. Il m'est revenu également en mémoire une déclaration de Oliver Williamson (1985) selon laquelle nous sommes bien peu renseignés sur la façon dont les structures bureaucratiques affrontent les coûts des transactions. Selon ce spécialiste, de nombreux ouvrages ont été publiés sur les lacunes des marchés, mais relativement peu d'auteurs se sont intéressés à la question des lacunes de la bureaucratie (p. 149). En outre, Williamson conclut que l'étude de l'organisation économique dans un contexte d'innovation constante soulève des questions beaucoup plus difficiles (p. 143) et il espère que les analyses de cas extrêmes (peut-être comme celui de la mise au point de la technologie CANDU par l'EACL) seront d'une aide précieuse aux érudits qui s'efforcent de développer la théorie des formes d'organisation optimales. Je souhaite, par la présente étude, répondre à l'appel de Williamson, mais, au même moment, je jette un éclairage nouveau sur des questions précises ayant trait à la politique de mise au point des réacteurs nucléaires au Canada, questions qui figurent presque en permanence au programme du gouvernement fédéral.

Ron Hirshhorn et Abe Tarasofsky, du Conseil économique du Canada, ont été les instigateurs de la présente étude et ont apporté une aide précieuse tout au long de sa réalisation. Je suis reconnaissant à Don McFetridge, Graham Smith et Don Meneley pour les commentaires qu'ils ont formulés au sujet d'une version antérieure, même si ces personnes estiment que seules des modifications mineures ont été apportées à la version finale par suite de leur contribution. Trois lecteurs anonymes ont influencé la réalisation de la présente étude, principalement sur le plan de l'organisation et de la présentation. Je tiens à remercier de leur aide des cadres de Hydro-Ontario et de l'Énergie atomique du Canada, Limitée; ces personnes n'ont pas critiqué mon analyse et, pour des raisons évidentes, mes constatations ne les enthousiasment pas, pour le moins. Des employés du ministère de l'Énergie, des mines et des ressources spécialisés dans le secteur nucléaire ont également fourni un apport non négligeable. Gail Kembel s'est occupée en grande partie de dactylographier la présente étude et cela me fait plaisir de la remercier pour les efforts déployés afin de respecter des délais souvent serrés. J'aimerais également remercier Toby Lermer et Jill Sinkewich, qui m'ont aidé à rassembler la documentation sur laquelle s'appuie l'étude. Enfin, j'aimerais souligner le travail remarquable des rédacteurs du Conseil économique du Canada, qui ont transformé une version antérieure en un texte de grande qualité.

L'Énergie atomique du Canada, Limitée

1 Introduction

L'Énergie atomique du Canada, Limitée (EACL) est un organisme créé par le gouvernement du Canada, dont le but premier est de commercialiser la filière nucléaire CANDU (le sigle de *CAN*ada-*D*eutérium-*U*ranium). Dans la présente étude, le rendement de l'EACL a été examiné sous trois angles différents, à savoir la théorie de l'organisation, la stratégie commerciale et l'analyse coûts-avantages. La théorie de l'organisation permet de déterminer comment les éléments qui composent la structure d'une organisation contribuent à réduire les transactions et les coûts des matières nécessaires à la production. On se sert ici de cette théorie pour identifier les caractéristiques qui, dans le contexte d'une entreprise privée, paraissent favoriser une réduction des coûts. Ensuite, on effectue une étude comparative des caractéristiques de l'organisation de l'EACL. La revue des ouvrages sur la stratégie commerciale permet un tour d'horizon des conseils qui peuvent aider les gestionnaires à améliorer le rendement financier de l'entreprise. Ces conseils s'inspirent de différents modèles et principes de réussite puisés dans de nombreuses études de cas et applicables aux entreprises commerciales. L'examen de la stratégie commerciale permet de savoir si l'EACL a mis en pratique les conseils tirés de l'analyse des stratégies et, si ce n'était pas le cas, pourquoi il devait en être ainsi. Enfin, l'analyse coûts-avantages offre un moyen de calculer les bénéfices nets que les projets peuvent engendrer. Cette analyse permet, aux fins de la présente étude, de déterminer si les fonds publics déjà investis dans la mise au point de la filière CANDU ont produit un rendement satisfaisant pour les contribuables et s'il y a lieu d'investir davantage. Bien que l'analyse coûts-avantages ne soit pas l'objet principal de l'étude, elle est le seul moyen de mesurer quantitativement la réussite ou l'échec de l'EACL.

Au chapitre 2 sont exposées les justifications d'une autre étude de l'EACL. Cette étude a pour but d'évaluer le bien-fondé de la thèse selon laquelle une société d'État serait en mesure de mettre efficacement en valeur les avantages relatifs dont jouissent les industries à l'avant-garde de la technologie. Ce chapitre explique en détail la faveur accordée à cette politique publique au Canada et la fréquence à laquelle les résultats du projet CANDU sont invoqués pour justifier un investissement accru des fonds publics dans les industries de technologie de pointe.

Le chapitre 3 met en perspective la présente étude de cas pour ensuite faire ressortir les facteurs théoriques et politiques qui influent sur l'efficacité relative de l'entreprise publique par rapport à l'entreprise privée. La section du chapitre traitant des considérations théoriques présente clairement les principes d'organisation qui président au choix entre l'entreprise publique et l'entreprise privée, tandis que la section traitant des considérations politiques explique pourquoi le gouvernement du Canada a décidé de recourir à l'entreprise publique pour commercialiser la filière CANDU.

Le chapitre 4 fournit d'abord un aperçu des concepts de gestion stratégique tels qu'ils sont appliqués à l'EACL. Dans les sections qui suivent, on explique comment la capacité de l'EACL de déterminer sa propre stratégie est tributaire premièrement, de son marché de capitaux, deuxièmement, de ses effectifs, et troisièmement, du marché de ses produits. Une autre section décrit comment l'industrie nucléaire des États-Unis et celle de la France ont élaboré des stratégies bien définies. Cette dernière section sert à introduire celles en fin de chapitre qui décrivent l'échec de la stratégie canadienne de commercialisation de la filière CANDU. En effet, l'EACL s'est d'abord orientée vers le marché intérieur sans se préoccuper du marché de l'exportation, notamment vers les pays industrialisés. La stratégie commerciale de l'EACL était centrée sur l'Ontario et les pays en voie de développement auprès desquels on devait insister sur les différences entre la filière CANDU et les caractéristiques des produits concurrents.

L'EACL n'a pas réussi à mettre en œuvre une stratégie efficace durant une période de demande croissante de centrales nucléaires. À l'heure actuelle, la demande fléchit et il est souvent plus difficile d'élaborer une stratégie dans de telles conditions. Cet aspect du problème fait l'objet du chapitre 5 qui traite à la fois de la demande en baisse des réacteurs nucléaires et des perspectives commerciales. Il prend ensuite en considération les deux principaux facteurs de concurrence, d'abord les caractéristiques des autres types de réacteurs et, ensuite, le coût des centrales électriques alimentées au charbon.

Au chapitre 6 sont fournis de nouveaux calculs des coûts et des avantages de la filière CANDU; les résultats mènent à conclure que la technologie CANDU n'a pas réussi à s'imposer sur le plan financier et qu'elle ne permettra probablement pas de rentabiliser les investissements supplémentaires requis pour lui assurer ultérieurement une réussite commerciale.

Les conclusions de l'étude sont présentées au dernier chapitre.

2 Justifications de la présente étude de cas

Objectifs de l'étude

La présente étude de cas a pour objet d'examiner l'évolution du projet de la filière nucléaire CANDU (*CA*Nada-*D*eutérium-*U*ranium) de l'Énergie atomique du Canada, Limitée (EACL). Malgré les innombrables publications sur l'EACL, la filière CANDU et l'industrie des réacteurs nucléaires, il reste encore à déterminer si les tentatives du Canada de commercialiser la filière CANDU ont été une réussite ou un échec. Récemment, un auteur a conclu que la technologie CANDU n'avait peut-être pas encore atteint un seuil de rentabilité économique ni même fourni des avantages nets pour la société (Palda, 1984, p. 101). Cette conclusion contredit celles avancées par de nombreuses études qui considèrent le projet CANDU comme une réussite. L'étude de M. Palda contient, entre autres,un calcul supplémentaire détaillé des sommes investies par le gouvernement fédéral dans le projet CANDU.

Il n'est pas nécessaire de multiplier les raisons qui justifient une analyse coûts-avantages d'une entreprise aussi controversée que l'EACL. La curiosité que suscite cette société d'envergure dont l'actif dépasse un milliard de dollars est à elle seule une justification suffisante. Trebilcock et Prichard ont affirmé qu'en 1978, l'EACL était une société plus importante, par la valeur de ses actifs, qu'Air Canada, la Société Radio-Canada, la Banque fédérale de développement et l'Administration de la voie maritime du Saint-Laurent réunis (Prichard, ed., 1983, pp. 1 et 95). En 1978, l'actif de l'EACL, soit 1,5 milliard de dollars, correspondait à plus de 5 % de l'actif de toutes les sociétés publiques fédérales, exception faite de la Banque du Canada. Palda (1984) a décrit le projet CANDU comme étant le précurseur des projets de technologie avancée au Canada et va même jusqu'à affirmer qu'il constitue fort probablement le projet technique le plus coûteux présentement en cours (p. 100).

Bien qu'une analyse coûts-avantages soit utile en elle-même, la présente étude va encore plus loin. Elle vise principalement à dégager de l'examen d'un cas particulier des principes généraux pouvant être appliqués dans la résolution d'un problème important de politique publique. De façon générale, il s'agit ici de déterminer ce que l'on peut attendre d'une société d'État en sa capacité de commercialiser des technologies nouvelles, notamment sur le marché mondial où il faut soutenir la concurrence d'autres pays qui tentent d'établir leurs propres entreprises. La présente étude vient donc particulièrement à point puisque présentement, le gouvernement du Canada entend appuyer plus que jamais les industries du secteur de la technologie de pointe.

Plusieurs conseils, commissions ou groupes d'étude ont examiné ou préconisé l'accroissement de l'aide gouvernementale aux industries du secteur de la technologie de pointe. Le Conseil des sciences du Canada (1979), qui compte parmi ses membres plusieurs chefs de file de l'industrie, est l'un des organismes qui favorisent ouvertement l'aide gouvernementale aux industries faisant appel aux techniques d'avant-garde. La Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada (Commission Macdonald, 1985) a beaucoup insisté sur cette question dont l'importance a été mise en relief par la création du Groupe de travail sur les politiques et les programmes fédéraux de développement technologique (1984) et dont un premier rapport vient d'être publié. Dans le document intitulé *Une nouvelle direction pour le Canada* (Canada, Finances, 1984, p. 25), le gouvernement fédéral a fait de la recherche-développement (R-D), de l'innovation et de la diffusion de la technologie les objectifs économiques prioritaires de son mandat actuel.

La préférence accordée à l'intervention gouvernementale

L'attitude de laisser-faire qu'adopte le gouvernement fédéral à l'égard de la technologie de pointe confirme la thèse avancée par Marsha Chandler (Prichard, ed., 1983), selon laquelle les gouvernements conservateurs ont la même propension que les gouvernements libéraux à favoriser l'entreprise publique dans certains domaines d'activité. Elle signale, dans le cas des entreprises publiques provinciales, que l'incitation est une politique qui, de préférence au contrôle, s'inscrit très bien dans l'idéologie des non-socialistes. Puisque l'activité intéresse à la fois l'État et le secteur privé, la politique suppose l'intervention de l'État (Prichard, ed., 1983, p. 215).

Mme Chandler signale en outre que les gouvernements conservateurs ont tendance à recourir à l'entreprise publique dans quatre domaines d'activité : le développement industriel, la recherche appliquée, l'énergie et le transport. Puisque la mise au point d'un réacteur nucléaire touche trois de ces quatre domaines, il n'est pas étonnant que l'EACL et le programme CANDU reçoivent l'appui du gouvernement fédéral et des provinces, quelle que soit leur tendance idéologique. La thèse de Chandler est également confirmée par le Livre blanc récemment publié par le gouvernement de l'Alberta (Alberta, 1984). Dans ce document, le gouvernement le plus conservateur du Canada approuve des politiques qui mettent l'accent sur les industries de technologie de pointe. Dans un style qui rappelle beaucoup celui des ouvrages rédigés aux États-Unis et qui préconisent l'intervention de l'État dans l'industrie, le Livre blanc propose que le gouvernement de l'Alberta identifie les « gagnants » dans les secteurs dynamiques et accorde des subventions à des entreprises particulières. Chandler conclut également que politiquement, les entreprises publiques présentent un grand intérêt pour les deux paliers de gouvernement au Canada.

Dans les milieux universitaires, l'opinion n'est pas non plus unanimement hostile à l'intervention du gouvernement dans certains projets de technologie de pointe. Dans une étude récente préparée à l'intention de la Commission Macdonald, Richard Harris a également pris la défense de l'aide de l'État aux industries canadiennes de technologie avant-guardiste. Il a affirmé que la création de nouveaux marchés d'exportation par l'entrée d'entreprises nationales dans une industrie à concurrence mondiale suscite inévitablement des difficultés. Le Canada devrait accorder plus d'importance à une politique permettant de surmonter les difficultés posées par la transition (Harris, 1984, p. 8). Harris, bien connu par ailleurs pour ses études exposant les avantages pour le Canada d'une politique de libre-échange, n'a pas explicitement proposé le recours à l'entreprise publique pour favoriser l'aide gouvernementale aux industries canadiennes de technologie de pointe. Toutefois, d'autres sont prêts à recourir aux sociétés d'État qui, selon eux, constitueraient les principaux leviers dont disposerait le Canada pour développer des industries à la pointe de la technologie.

Dans un mémoire présenté au Groupe de travail Wright au nom de la société de recherche de l'Énergie atomique du Canada, Limitée, J. A. L. Robertson (1984) a affirmé que la réussite de l'EACL, comme instrument de progrès technologique, peut se mesurer en fonction des objectifs atteints. Après avoir affirmé que la technologie CANDU avait une des meilleures fiches au monde aux chapitres du rendement, de l'économie de son fonctionnement et de l'économie des ressources, M. Robertson a soutenu que, sur le plan conceptuel, l'apport sans doute le plus important de l'EACL à l'examen actuel de la politique est d'avoir montré que le Canada a la capacité de fournir des produits de qualité mondialement reconnue dans des domaines de technologie de pointe. Il a ajouté que, dans cette optique, l'EACL avait joué un rôle comparable à celui des organismes responsables des satellites de communications canadiens, de Telidon, du système télémanipulateur (CANADARM) et des avions à décollage et à atterrissage courts (ADAC) [Robertson, p. 2].

M. Robertson a conclu que le gouvernement du Canada avait recours à plusieurs programmes d'expansion industrielle visant à favoriser le progrès technologique, par exemple, le PPMID, le PEE, le PARI et le PPIL, mais que l'établissement de sociétés d'État à cette fin était aussi un moyen qui a fait ses preuves (p. 14). Les observations optimistes de M. Robertson ne peuvent être écartées parce qu'elles semblent être seulement une justification intéressée de l'EACL. D'autres ont tout aussi inconditionnellement attribué au système CANDU les points de mérite qui le classent dans la catégorie des projets réussis dans le domaine de la technologie de pointe.

Évaluation de la réussite de la technologie CANDU

Bruce Doern et Gordon Sims qualifient la technologie CANDU de l'un des rares succès internationaux remportés par le Canada (Doern, 1980, p. 49). En 1978, James Gardner et Fred Belaire (EMR, 1978) ont affirmé que l'efficacité technique et la praticabilité économique du réacteur CANDU ont été démontrées sans aucun doute (p. 134).

Le Conseil des sciences du Canada (1979) appuie depuis un certain temps déjà l'avancement de la technologie (nucléaire) de production d'énergie. Le Canada doit continuer de jouer un rôle de premier plan dans la R-D nécessaire au perfectionnement de la technologie CANDU pour au moins les deux ou trois prochaines décennies, puisque la plupart des autres pays s'intéressent à d'autres filières nucléaires. La viabilité technique, écologique et économique de la filière nucléaire CANDU alimentée à l'uranium naturel a été prouvée par 20 années d'expérience dans l'exploitation de réacteurs (p. 46).

Après un examen approfondi de la politique nucléaire, le ministère de l'Énergie, des mines et des ressources a conclu que :

étant donné les *avantages économiques évidents* du CANDU lorsqu'il s'agit de produire de l'électricité aux fins de la croissance de la demande nationale (surtout à l'est du Manitoba), [...] des commandes de réacteurs seront passées au Canada vers la fin des années 80 et que certains devront entrer en exploitation au cours des années 90. Par ailleurs, certains marchés d'exportation de réacteurs s'avèrent prometteurs et [...] il semble exister d'intéressantes possibilités en ce qui a trait à la construction de réacteurs nucléaires au Canada qui serviront à exporter de l'électricité sur les marchés des États-Unis. (EMR, 1981*b*, p. 3.)

D'après Johnson (voir McFetridge, 1985), le coût net d'exploitation de la filière nucléaire CANDU est beaucoup moins élevé que celui d'un réacteur à eau légère. D'après ses calculs fondés sur la capacité actuelle seulement, l'exploitation de la filière CANDU permet de réaliser des économies supérieures aux coûts de R–D du CANDU. Richard Zuker et Glenn Jenkins (1984) ont comparé ce qu'il en coûterait pour produire plus d'électricité au Québec et en Ontario au moyen de centrales hydro-électriques ou de centrales alimentées au charbon, au coût de production des centrales nucléaires. Ils n'ont pas fait de distinction entre la filière CANDU et les autres technologies nucléaires, mais il ne fait aucun doute que Zuker et Jenkins se sont fondés sur la filière CANDU dans leur étude de la technologie nucléaire. Ils ont donc implicitement conclu que la filière CANDU était un moyen plus économique de produire de l'électricité, du moins par rapport aux centrales thermiques alimentées au charbon.

Hydro-Québec, une entreprise de services publics qui n'a jamais manifesté beaucoup d'enthousiasme à l'égard de l'énergie nucléaire, utilise comme point de comparaison une centrale nucléaire de type CANDU d'une capacité de 850 MW, alimentée à l'uranium naturel et refroidie à l'eau lourde, pour évaluer la faisabilité économique du potentiel hydro-électrique du Québec (1980, p. 75). En 1980, l'Hydro-Québec a estimé que le CANDU, et nulle autre filière ni le charbon, est le meilleur moyen autre que les centrales hydro-électriques de produire de l'électricité, lorsque les bons sites d'exploitation hydro-électrique deviennent plus rares.

Hydro-Ontario a beaucoup investi dans les réacteurs CANDU et elle est satisfaite des résultats obtenus. En 1982, Sligl a résumé comme suit les conclusions d'Hydro-Ontario.

1 Le coût total actualisé de la production d'électricité par une centrale nucléaire, bien que plus élevé au début, est inférieur à celui d'une centrale thermique au charbon après deux ou trois années d'exploitation.

2 Dans le cas des centrales thermiques, le coût du charbon est la principale composante du coût d'exploitation total durant la vie utile, tandis que, dans le cas d'une centrale nucléaire, les coûts en capital sont les dépenses les plus importantes.

3 Le coût unitaire total de l'électricité produite par une centrale nucléaire est moins élevé que le coût du combustible nécessaire au fonctionnement d'une centrale thermique.

4 Le seuil de rentabilité est atteint lorsque l'écart entre le facteur d'utilisation prévu d'une centrale nucléaire et celui d'une centrale thermique à charbon est de 5 % sur la durée utile de la centrale.

5 D'importants écarts entre les différentes composantes des coûts doivent être enregistrés avant qu'il ne soit plus avantageux de recourir à une centrale nucléaire pour produire de l'électricité.

6 Le coût unitaire total de l'énergie produite reste relativement constant au cours de la durée de vie d'une centrale nucléaire, tandis qu'il croît de façon considérable dans le cas d'une centrale thermique alimentée au charbon à cause de la progression des coûts du combustible (Sligl, 1982, p. 20).

Le président d'Hydro-Ontario, Milan Nastich, a signalé que la société continue de construire des centrales nucléaires pour remplacer les centrales à combustible fossile de plus en plus coûteuses qui servent encore à répondre à une part de la demande d'électricité de base. Quand le programme de construction actuel sera complété, a-t-il ajouté, l'approvisionnement de base en électricité dans la province sera assuré uniquement par des centrales nucléaires et hydro-électriques. À son avis, la technologie CANDU est une réussite indéniable parce que la plupart des entreprises américaines de services publics pourraient acheter de l'Ontario l'électricité produite par des centrales nucléaires à un coût inférieur à celui de produire la même énergie par elles-mêmes, à l'aide de *tout* autre combustible à leur disposition, même l'uranium (Nastich, 1981, pp. 33-36). Nastich a conclu que le programme de production de l'électricité par des centrales nucléaires de l'Ontario est un exemple de bonne planification et de perspicacité que d'autres feraient bien d'imiter.

Études de cas ou analyse théorique de la politique gouvernementale ?

L'auteur de cette étude a longuement cité ces diverses sources parce qu'il est important de bien jauger l'opinion

de ceux qui accordent à la filière CANDU une note non seulement acceptable, mais excellente également. Il n'est donc pas étonnant que l'on cite fréquemment le projet CANDU pour donner un exemple d'efficacité politique. Évidemment, le simple fait de constater la réussite de l'EACL n'est pas une raison suffisante de conclure que la société d'État est le mode d'organisation qui convienne le mieux au développement d'industries canadiennes capables de soutenir la concurrence internationale dans les secteurs de technologie de pointe. Il n'y a pas lieu de rejeter la propriété publique en se fondant simplement sur l'échec d'une seule entreprise publique ni de justifier la propriété publique en invoquant un cas unique de succès. Le choix du mode d'organisation qui convient ne peut reposer uniquement sur des études de cas. Heureusement, les études théoriques permettent de définir beaucoup plus clairement le rapport entre propriété et structure d'entreprise d'une part, et le rendement de l'entreprise d'autre part. Ces études ont récemment été dépouillées d'abord par Borcherding (Prichard, ed., 1983) et ensuite par McFetridge (1985) dans l'optique particulière de la société d'État. Hirshhorn (1984) a vérifié les résultats d'études sur la structure de l'entreprise dans la perspective des entreprises publiques. Baldwin (1984) a analysé les conditions dans lesquelles l'entreprise publique surpasse la réglementation comme moyen de mettre en application la politique gouvernementale. Malheureusement, les études théoriques n'ont pas encore atteint le point où il est possible d'en dégager une règle générale. Ces études ne sont donc pas suffisamment probantes pour convaincre les analystes de politiques d'adopter un plan d'action plutôt qu'un autre. Ou encore, une fois que l'objectif de la politique est établi, les études théoriques ne permettent pas à l'analyste de déterminer le mécanisme le plus efficace. Borcherding signale que la théorie des approvisionnements publics est appliquée dans des cas si nombreux qu'il est difficile, à l'heure actuelle, d'en tirer des conclusions utiles (Prichard, ed., 1983, p. 176).

Puisque les conclusions encore timides des études théoriques portant sur les modes d'organisation ne permettent pas encore d'opérer un choix définitif entre les différents moyens d'appliquer la politique gouvernementale, chaque étude de cas supplémentaire d'une société d'État devient une importante source d'information pour les théoriciens. Borcherding soutient que la théorie des approvisionnements publics doit permettre de bien distinguer les activités de l'État qui produisent une richesse nette de celles qui la transfèrent. Ces dernières activités ont tendance à être très coûteuses, même si elles semblent un moyen efficace d'atteindre les objectifs politiques. Borcherding est d'avis que, tant que cette distinction ne sera pas bien comprise, le rôle convenable de la société d'État continuera d'être défini en fonction d'arguments fortement idéologiques plutôt qu'en fonction de principes directeurs logiques et vérifiables (Prichard, ed., 1983, p. 176).

Outre les études théoriques de l'organisation que Borcherding a examinées dans la perspective de la politique d'offre publique, il existe de nombreuses analyses qui établissent des liens entre la stratégie et la structure de l'entreprise. Certains auteurs partisans de la théorie de la stratégie de l'entreprise, dont Roderick White, ont examiné les points forts et les points faibles de l'EACL et d'autres sociétés d'État canadiennes. Les études effectuées dans cette perspective se fondent sur des comparaisons pour évaluer le rendement de l'entreprise. La méthode consiste à comparer l'activité, le rendement et l'organisation d'une entreprise à une norme reflétant l'optimalité. Pour établir cette norme d'optimalité, il faut déterminer les caractéristiques et les aspects de politique et d'organisation qui coïncident le plus avec la réussite.

Dans cette perspective, il est naturel d'évaluer le rendement de l'EACL à la lumière des normes de gestion que le secteur privé considère comme synonymes d'excellence. C'est à ce genre de questions que s'adresse la présente étude.

Bref, certains estiment qu'une étude de cas de ce genre joue un double rôle. En l'absence d'un principe général qui puisse orienter les débats sur la politique publique, un auteur doit garder à l'esprit que son étude servira à justifier certaines de ces politiques. Plus l'étude d'une réussite ou d'un échec indéniable est concluante, plus elle est susceptible de servir de justification. Puisque tous les groupes d'intérêt chercheront à trouver des cas qui justifient leur point de vue, il faut recourir à un mécanisme de confrontation pour faire l'arbitrage des études de cas. Le second rôle d'une étude de cas est de fournir plus d'information aux théoriciens, dans l'espoir qu'on pourra dégager un cadre unique qui convienne à la fois aux débats sur la politique publique et à son analyse. Toutefois, même en faisant un grand effort d'imagination, l'étude de cas ne peut être considérée comme un exposé neutre des faits historiques. L'auteur d'une étude de cas doit donc, pour le bénéfice de ses lecteurs, expliciter, avec un maximum de précision, deux points majeurs : sa propre interprétation de la théorie sous-jacente et sa propre tendance idéologique. Dans la section suivante, l'auteur de cette étude présente les idées qui sont siennes et les compare à celles d'autres auteurs.

3 Le choix entre l'entreprise publique et l'entreprise privée

Le fardeau de la preuve

Dans la présente partie, nous exposerons les raisons qui nous incitent à penser que, dans l'évaluation du rendement d'une société d'État sur le plan de la prestation de services commerciaux et politiques, il incombe aux partisans de cette forme d'organisation d'en démontrer le bien-fondé. Dans l'étude de chaque cas, il faudrait supposer que l'entreprise privée remporte la palme de l'efficacité. Le partisan du mode d'organisation de la société d'État doit bien énoncer les objectifs politiques, comparer les divers instruments de politique sous l'angle de l'efficacité et prévoir la perte en efficacité commerciale que l'on doit accepter en échange de la prestation de services politiques définis.

Cette affirmation fort sérieuse repose sur la conviction qu'il y a peu de structures qui soient accessibles à l'entreprise publique sans qu'elles ne le soient à l'entreprise privée. Par conséquent, si l'efficacité est déterminée par la capacité de l'entreprise à maximiser sa valeur, l'entreprise privée sera une organisation tout aussi efficace que la société d'État. Certains analystes de la politique générale du gouvernement admettent que la société d'État peut être un modèle d'organisation efficace quand le gouvernement fournit à la fois un service politique et un service commercial. En préférant une entreprise commerciale à tout autre type d'instrument politique pour assurer un service politique, le gouvernement peut parvenir à abaisser le coût du service (Trebilcock et coll., 1982).

Les considérations théoriques

De l'avis de certains théoriciens, il n'est pas du tout valable de comparer l'entreprise publique et l'entreprise privée à cause des lacunes dans les mécanismes sociaux qui contribuent à l'efficacité de l'entreprise privée. Selon ce courant de pensée, il n'est pas question, dans les théories, du choix entre l'entreprise publique et l'entreprise privée. D'autres théoriciens plus modérés soutiennent que, effectivement, les coûts seraient vraisemblablement plus élevés dans le secteur public, mais par une bien faible marge. À leurs yeux, le seul critère qui doit guider le choix entre l'une ou l'autre forme d'entreprise est l'avantage que procure le fait de confier l'offre de biens et de services publics et commerciaux à une seule organisation commerciale.

La séparation de la fonction de gestion et de la propriété

Les grandes organisations à vocation commerciale dans le secteur privé sont formées de nombreux groupes qui œuvrent tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'organisation. Il s'agit des actionnaires, des cadres supérieurs, des clients et des fournisseurs, des créanciers, des employés ainsi que des collectivités dans lesquelles baigne l'entreprise. Tous ces groupes sont liés les uns aux autres par l'obtention du rendement, qu'il soit implicite ou explicite. Parmi les innombrables relations contractuelles qui unissent les groupes à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise, la relation entre les propriétaires et les cadres supérieurs a certainement retenu beaucoup l'attention. Ce rapport est fondé sur une relation de mandataire. Le propriétaire est le mandant; le cadre, son mandataire. Il peut très bien arriver que les intérêts personnels des cadres professionnels ne concordent pas avec ceux des propriétaires. Alchian et Demsetz (1972) ont souligné que les cadres peuvent recourir à maints expédients pour se dérober aux devoirs qu'ils ont envers les actionnaires, expédients que les propriétaires auront peut-être beaucoup de difficulté à reconnaître et à corriger. Il y a bon nombre d'années, plusieurs auteurs, dont Berle et Means (1982), ont illustré ce conflit au moyen de graphiques.

Selon la deuxième école de pensée décrite, la propriété publique ou la réglementation étaient les moyens tout indiqués pour remédier aux conséquences de la séparation de la propriété et de la fonction de gestion. Par opposition, les premiers théoriciens estimaient que l'intervention de l'État n'atténuait en rien le problème causé par la relation de mandataire, lequel pouvait très bien s'aggraver sous la mainmise de l'État. Les coûts de la relation de mandataire sont imputables à deux caractéristiques fondamentales de l'organisation sociale que l'on retrouve à l'intérieur et à l'extérieur du gouvernement : une pensée rationnelle anémique et l'opportunisme.

Par « pensée rationnelle anémique », nous entendons la capacité limitée des êtres humains à obtenir, à interpréter et à retenir l'information; il s'ensuit que les personnes, y compris celles qui travaillent dans la même organisation, ne disposent pas de renseignements uniformes. L'expression « opportunisme » qualifie un large éventail de comportements, comme ceux qui consistent à dénaturer l'information, à déformer des ententes antérieures, à afficher une mauvaise foi évidente et à mal interpréter en toute honnêteté les événements et les ententes. Les parties désireuses de conclure des marchés qui seront exécutés plus tard doivent tenir compte des coûts supplémentaires qu'occasionnent ces deux caractéristiques. Il est fondamentalement difficile d'établir un marché qui devra être exécuté dans l'avenir, en tout état de cause. De toute évidence, le processus est particulièrement coûteux quand les cocontractants cachent des renseignements spécialisés ou dénaturent les renseignements qu'ils décident de communiquer. Il s'agit là d'une manifestation préalable d'opportunisme parce qu'elle a pour but d'influencer le marché lui-même. L'opportunisme peut également se pratiquer après la conclusion d'un marché; un tel comportement augmente alors les coûts de la surveillance et de l'exécution des marchés tant que ces derniers sont valides. Étant donné que la pensée rationnelle anémique et l'opportunisme sont des traits endémiques de la race humaine, l'intervention du gouvernement peut inciter davantage, plutôt que décourager, les participants à cacher et à dénaturer l'information. Par exemple, pour Michael Jensen et William Meckling, la structure de direction de l'entreprise moderne constitue une réponse aux coûts imputables à la relation de « mandataire » qui existe entre les propriétaires et les cadres (sous la direction de Jensen et Smith, Jr., ed., 1984, pp. 78-133). La structure de l'entreprise s'adapte de façon à réduire ces coûts. Ce faisant, l'entreprise n'éliminera pas entièrement les coûts de la relation de mandataire, mais une certaine souplesse dans la passation de contrats sur le marché financier, sur le marché des cadres ainsi que dans la structure de propriété de l'entreprise, permettra de les abaisser progressivement.

La question de la relation de « mandataire » n'est qu'un des nombreux aspects de la passation de contrats qui entraînent des frais de transaction pendant la coordination des activités de l'entreprise. Elle a cependant une importance capitale parce qu'on estime que les cadres supérieurs sont en mesure de restreindre les frais occasionnés par les transactions internes. En effet, ceux-ci ont accès à l'information et ils ont le pouvoir de diriger l'exécution de contrats dans l'entreprise à des coûts raisonnables en recourant à des mécanismes bureaucratiques. L'efficacité des rapports hiérarchiques employeur-employé variera selon la situation. Néanmoins, de nombreuses méthodes perfectionnées, comme la description de poste, l'évaluation de l'emploi et l'évaluation du rendement, ont été appliquées. Les cadres supérieurs conservent généralement le droit de réaffecter les employés si les circonstances l'exigent. Ils jouissent d'une très grande latitude, surtout quand la propriété de l'entreprise est répartie entre plusieurs personnes, pour déterminer les stratégies d'investissement et de désinvestissement de l'entreprise et pour changer la réputation de l'entreprise quant aux risques qu'elle présente. Par conséquent, le pouvoir d'agir est entre les mains des personnes mêmes qui ont accès à des renseignements détaillés dont ne peuvent disposer facilement les actionnaires. Il est impossible d'affirmer que les systèmes bureaucratiques de contrôle sont tout à fait efficaces sans simplifier à l'extrême; il reste que ces systèmes sont raisonnablement efficaces quand on les compare aux manifestations possibles d'opportunisme qui entachent les relations contractuelles entre les actionnaires et les cadres supérieurs.

D'après la simple analyse que nous venons de faire, il ressort clairement que, si l'entreprise vise à maximiser le rendement économique à long terme des actionnaires (ce qui équivaut à hausser à son maximum la valeur de l'entreprise), la formule de la société d'État présente peu d'avantages, s'il en est, par rapport à celle de l'entreprise privée. L'entreprise privée peut adopter toute technique bureaucratique applicable dans l'entreprise publique. Elle peut également trouver des capitaux sur le marché financier, qui est organisé de telle façon que les créanciers et les propriétaires de l'entreprise sont en mesure de se constituer un portefeuille diversifié; par conséquent, les risques ne sont guère moindres quand on oblige les contribuables à être propriétaires de l'entreprise publique.

Dans le secteur privé, la structure de propriété fera l'objet de pressions distinctes qui s'opposent. D'une part, les actionnaires et les créanciers essaieront de diminuer les risques qu'ils courent en diversifiant leurs intérêts dans un grand nombre d'entreprises; d'autre part, un portefeuille trop diversifié entraîne des coûts et l'investisseur peut être exploité par les cadres. Ces derniers voudront faire savoir eux-mêmes aux investisseurs éventuels qu'ils sont dignes de confiance. Ils seront alors en mesure de réduire leur part du coût du capital recueilli sur le marché. Cependant, il peut être coûteux de transmettre un tel message et difficile de s'imposer comme une personne digne de foi. En termes simples, le cadre peut difficilement donner sa personne en caution dans de telles circonstances. Pour cette raison, les cadres ou, ce qui est plus exact, les équipes de cadres, peuvent juger plus rentable de faire face aux conséquences de la propriété restreinte et d'avoir la mainmise sur

l'entreprise qu'ils gèrent. C'est également pourquoi il existe, dans le monde, des sociétés à peu d'actionnaires et d'autres sociétés à grand nombre d'actionnaires.

Nous nous attendons à une diffusion de la propriété dans les entreprises où il est facile de surveiller, à peu de frais, le rendement des gestionnaires. Dans ces conditions, les propriétaires et les cadres n'ont guère intérêt à maintenir la concentration de la propriété. Cependant, quand la surveillance du rendement des cadres entraîne des frais élevés, la présence d'un grand nombre d'actionnaires peut faciliter l'apparition de parasites. En effet, tous les propriétaires retireraient certains avantages de la surveillance des cadres, mais chaque actionnaire peut compter sur quelqu'un d'autre pour remplir cette fonction. Étant donné que le rassemblement et le contrôle de l'information, ainsi que la surveillance des cadres représentent en grande partie un coût fixe, le coût unitaire de ces activités qui revient au propriétaire d'une part importante de l'entreprise est moindre. Par conséquent, le choix de la société à peu d'actionnaires peut être motivé par la difficulté d'évaluer le rendement des cadres.

Quatre mécanismes de l'organisation sociale qui modifient les coûts de la relation de mandataire

D'autres mécanismes inhérents à l'organisation sociale influent sur le coût de la relation de mandataire de l'entreprise privée. Ces mécanismes comprennent le marché des cadres, le marché des produits, le marché des prises de contrôle et le marché financier. Le marché des cadres est l'arène dans laquelle les cadres se font une chaude lutte pour obtenir une rémunération plus élevée, de l'avancement, un pouvoir accru et la possibilité de constituer un capital humain négociable. Quand le marché des produits est concurrentiel et que la capacité de rendement de l'entreprise est affaiblie, le marché expulse rapidement les entreprises inefficaces en les acculant à la faillite. Le marché des prises de contrôle est l'arène dans laquelle des équipes de cadres, qui gèrent souvent d'autres entreprises, s'arrachent la mainmise d'une organisation en achetant un nombre suffisant d'actions avec droit de vote de l'entreprise qu'ils estiment être en mesure de mieux gérer. Enfin, le marché financier constitue une porte de sortie pour les investisseurs et les créanciers qui se départissent de leurs avoirs, manifestant ainsi leur mécontentement à l'égard du rendement et des perspectives d'avenir de l'entreprise. Si une telle situation se produit, l'entreprise fait face à une hausse du coût de son capital, hausse qui réduit les perspectives d'investissement des cadres et les rend vulnérables à une tentative d'absorption par les cadres d'une entreprise qui jouit d'un coût du capital moins élevé.

Les secteurs public et privé se partagent le marché des cadres. Cependant, dans le secteur public, les cadres sont incapables de participer au capital-actions de l'entreprise. En outre, les lignes directrices relatives à la rémunération dans le secteur public, prescrites par un modèle de bureaucratie applicable dans des organisations non commerciales, ont toujours été un critère limitatif dans les contrats passés avec des cadres. On pense que le marché des produits impose une même discipline aux entreprises tant privées que publiques; cependant, dans ce cas, les différences relatives à la rapidité avec laquelle agit la contrainte et son efficacité seront fonction de diverses caractéristiques du marché. Dans le secteur public, le marché des prises de contrôle est négligeable et le rôle du marché financier à titre de contrainte extérieure est passablement atténué. Le gouvernement détermine le coût du capital et il est impossible de faire connaître le mécontentement de l'investisseur à l'égard du marché boursier. Les pressions politiques qui sont exercées en faveur de la « privatisation » des sociétés d'État peuvent prendre la relève, quoique bien faiblement, du marché des prises de contrôle du secteur privé, mais, dans le secteur public, il arrive souvent que l'on conserve les entreprises en difficulté et que l'on vende les entreprises solides. Néanmoins, on peut imaginer que la perspective d'une privatisation puisse inciter les cadres à tendre vers l'excellence, étant donné que les cadres d'une entreprise privée peuvent s'attendre à recevoir une récompense beaucoup plus intéressante que celle qu'obtiennent les gestionnaires d'une entreprise publique.

Les contraintes d'ordre politique

Les entreprises du secteur public sont également dominées par un marché politique. Les hommes politiques influencent l'orientation de ce marché et restreignent la liberté d'action des cadres qui y travaillent; ils sont sensibles à l'emprise d'une « voix » sur le marché de la politique. Nous présenterons dans l'étude de cas menée dans les chapitres ultérieurs les faits qui témoignent de l'efficacité de mécanismes utilisés pour réduire les coûts de la relation de mandataire que doit supporter l'EACL. Dans la conclusion du présent chapitre, les preuves sont réunies et évaluées par rapport aux principes établis dans les ouvrages théoriques. Les parties des ouvrages théoriques qui s'appliquent à l'EACL sont rapidement passées en revue; pour un examen plus complet des ouvrages généraux, le lecteur est invité à consulter Borcherding dans Prichard, ed. (1983), McFetridge (1985), Hirshhorn (1984), Jensen et Smith, Jr., ed. (1984) et enfin, Jensen et Zimmerman, ed. (1985).

Il est difficile de surveiller le rendement des cadres dans le marché des produits qui échoit à l'EACL. Par définition, il est difficile de gérer les activités de recherche, comme l'a fait remarquer Jauch (1983). Mais l'évaluation de la performance de l'EACL n'est pas une tâche ardue simplement parce qu'il s'agit d'une entreprise vouée à la recherche. Il existe une raison plus fondamentale : l'importance des ventes, avec profit, de réacteurs nucléaires par l'EACL, malgré la concurrence d'autres entreprises, est le seul critère d'évaluation à long terme de la performance de l'EACL. Beaucoup de temps peut s'écouler entre la mise en marche d'un tel projet et le moment où une évaluation définitive du rendement peut être faite sans risque d'erreur. Les étapes entre la conception et l'achèvement d'un produit comprennent, entre autres : la recherche, la démonstration, la vente, la construction et l'acquisition d'une expérience pratique. Même des décennies plus tard, il est presque impossible de séparer la prise de décisions efficaces à priori et l'efficacité à posteriori. La réussite ou l'échec sont inévitablement liés aux variations imprévues du prix de sources d'énergie de rechange, à l'évolution de la technologie et à des variables hors de notre sphère d'influence comme les taux d'intérêt et d'inflation.

En raison de la nature même de l'industrie de la construction de réacteurs nucléaires, il est particulièrement difficile, encore aujourd'hui, 33 ans après la constitution en société de l'EACL, de se prononcer sur sa performance dans un sens ou dans l'autre. Mais l'incertitude qui plane encore aujourd'hui sur les réalisations à posteriori de l'EACL ne doit pas nous empêcher d'évaluer la forme d'organisation choisie par le gouvernement. Les personnes qui sont chargées aujourd'hui d'évaluer la performance de l'EACL se heurtent aux mêmes difficultés que celles auxquelles eurent à faire face pendant toute la durée du projet les hommes politiques derrière l'EACL.

L'évaluation du rendement des cadres dans des marchés de produits complexes

Plus le marché dans lequel évolue l'entreprise est complexe, plus il est difficile d'évaluer la performance de cette entreprise et, de façon encore plus marquée, d'établir un lien entre cette performance et le comportement des cadres. Quand, dans le meilleur des cas, on peut dresser à long terme un constat de réussite ou d'échec, il est alors possible d'expliquer presque tous les moindres reculs passagers en faisant preuve d'un peu d'ingénuité. Le fossé qui sépare les cadres et les propriétaires sur le plan de l'accès à l'information est à l'avantage des premiers et laisse le champ libre à toutes les formes possibles de comportements opportunistes et égoïstes. Dans des marchés de ce genre, il n'est pas du tout certain que le marché des cadres exercera une influence à la baisse sur les coûts de la relation de mandataire dans les entreprises privées. Peut-on conclure qu'à cet égard, l'entreprise publique est tout aussi efficace que l'entreprise privée ? C'est l'avis de Wintrobe (1984). Selon lui, les hommes politiques ont autant, sinon plus, intérêt que les multiples actionnaires d'une entreprise privée à éliminer au moins le gaspillage. En termes simples, Wintrobe soutient que, par cette action, les hommes politiques libèrent des ressources qu'ils utilisent ensuite pour fournir des services politiques dont ils peuvent eux-mêmes tirer profit en marquant des points sur la scène politique. Il prétend que le marché politique n'a rien à envier au marché privé en sa capacité à restreindre les coûts de la relation de mandataire. Cette position prête à controverse. Le marché politique est aux prises avec un double problème relativement à la relation de mandataire, en ce que les hommes politiques et les cadres peuvent faire preuve d'opportunisme au détriment des véritables propriétaires, c'est-à-dire les contribuables et les consommateurs du service commercial fourni. Puisque les hommes politiques sont au pouvoir pendant relativement une période courte, ils peuvent en toute liberté agir de façon à recevoir immédiatement des récompenses sur la scène politique et de faire porter le poids de leur opportunisme par des générations futures d'hommes politiques. De toute évidence, quand on ne pourra savoir, sauf à long terme, si l'entreprise prospérera ou fera faillite, les occasions ne manqueront pas aux hommes politiques de profiter pleinement des avantages au moment même où ils se présentent et pour transférer les conséquences sur le plan politique aux générations futures.

Wintrobe nous gagne à sa théorie seulement si, à cause de la nature même du marché des produits, les mécanismes bureaucratiques de contrôle sont efficaces. Pour cette raison, certains auteurs, comme Borins et Boothman (1984), font ressortir les qualités du marché des produits quand ils évaluent dans quelle mesure le système politique peut régir efficacement le rendement des cadres œuvrant dans les entreprises publiques. L'argument invoqué est en fait très simple : les cadres qui évoluent dans un marché concurrentiel ne seront pas en mesure de disposer d'un excédent de ressources qui pourrait être utilisé soit pour des fins politiques, soit pour des avantages accessoires ou des éléments inefficaces reliés à la gestion. Borcherding a abondé dans ce sens quand il a affirmé que les sociétés d'État exercent leurs activités autant en fonction du marché que du milieu politique et que, sous les pressions exercées par leurs concurrents, leur comportement diffère

souvent peu de celui des entreprises privées du même secteur (Prichard, ed., 1983, p. 131).

Par ailleurs, on peut arriver aux mêmes fins en affirmant plutôt que le contrôle politique peut être un mécanisme efficace quand le rendement d'une entreprise se prête facilement à la surveillance soit par la vérification des prix, des bilans et des états des résultats soit, tout au moins, par les évaluations de la productivité et les coûts. Quand des manifestations préalables d'opportunisme et d'incompétence ont seulement des effets négatifs limités avant que les propriétaires ne soient mis au courant de la situation par les résultats de l'analyse *ex post*, presque toute forme d'organisation peut, de toute évidence, solutionner le problème soulevé par la relation de mandataire. Éliminer ce problème revient à supprimer la nécessité de comparer deux formes d'organisation entre elles.

L'esprit de gestion et l'esprit d'entreprise

Nous venons de montrer pourquoi il est important d'établir une distinction entre les industries animées par un esprit de gestion et les industries animées par un esprit d'entreprise. Les industries axées sur la gestion sont des industries pleinement développées et les parts qu'occupent sur le marché les entreprises qui en font partie sont relativement stables. Le processus de développement du produit ou du service est déjà bien enclenché. Les cadres des entreprises œuvrant sur de tels marchés sont habituellement préoccupés par le processus. Dans leurs travaux, Miles et Snow (1978) ont qualifié de « défenseurs » les cadres des entreprises faisant partie des industries de gestion; ces cadres mettent beaucoup l'accent sur le contrôle par étapes des coûts d'exploitation. La culture de l'entreprise veillera avant toute chose à surveiller attentivement les coûts et à satisfaire les besoins d'une clientèle traditionnelle. Les fonctions de contrôle et de surveillance sont automatiquement, en grande partie, une caractéristique accessoire de ces marchés. Même les observateurs qui jettent un regard superficiel sur une entreprise se rendent très vite compte de sa réussite ou de son échec.

Une industrie animée par un esprit d'entreprise est fondée, dit-on, sur la faculté de perception, le jugement et l'à-propos plutôt que sur le nombre d'heures de travail. D'après cette définition, les industries à haute technologie jouent sur l'esprit d'entreprise (McFetridge, 1984, p. 22). Les organisations désireuses de se tailler une place dans un marché composé d'industries d'entreprise doivent adopter une attitude de prospection. L'expérimentation, la souplesse, une capacité d'adaptation, le goût du spectaculaire, la volonté de se lancer à fond ou de se retirer, voilà quelques exemples de comportement que Miles et Snow (1978) attribuent aux « prospecteurs ». Les prospecteurs trompent la vigilance de leurs rivaux et dominent rapidement un marché. Les ouvrages sur les stratégies de l'entreprise fourmillent de récits sur des entreprises qui ont montré qu'elles possédaient, ou ne possédaient pas, les talents de prospecteur nécessaires pour transformer le marché. Tel est l'objet de la planification de l'organisation, qui fait coïncider la structure et la culture de l'entreprise avec le milieu dans lequel cette dernière évolue.

La faculté du marché des cadres de réduire et de surveiller les coûts propres à la relation de mandataire est nettement fonction du type de marché des produits dans lequel l'entreprise exerce ses activités, c'est-à-dire un marché composé d'industries animées par un esprit de gestion ou par un esprit d'entreprise. Par conséquent, sauf quand cela facilite la présentation de l'analyse, c'est une erreur d'établir ainsi des catégories. Les cadres du secteur public sont également privilégiés par rapport à leurs homologues du secteur privé en ce qu'ils peuvent être en mesure de modifier les caractéristiques du marché des produits sur lequel ils interviennent en se servant des fonds publics. Baldwin (1984) et Weaver (1984) soutiennent tous deux que les gestionnaires des sociétés d'État peuvent appliquer des stratégies en vue de se faire du capital politique et qu'ils le font effectivement. Des observations semblables sont souvent faites à propos des fonctionnaires. Ainsi, de par leur position, les cadres du secteur public peuvent utiliser des ressources pour constituer des groupes de pression efficaces, indépendamment du fait qu'ils aident de cette façon leurs présumés mentors politiques à atteindre leurs objectifs politiques. Les pressions qu'ils exercent en vue d'être protégés d'une certaine façon contre leurs concurrents pour pouvoir ensuite offrir des services politiques aux groupes qu'ils ont eux-mêmes courtisés peuvent atteindre leur but et ce, parfois au détriment des orientations politiques que peuvent privilégier les hommes politiques au pouvoir. Dans de telles circonstances, les occasions de gaspillage dans la prestation de services politiques et commerciaux semblent innombrables. De même, les cadres d'entreprises privées peuvent rechercher le rendement économique afin de créer une situation qui permettra de maintenir les revenus à un niveau qui satisfait leurs actionnaires tout en leur procurant des revenus supérieurs au taux du marché. Le gaspillage qui découle d'un tel comportement a attiré beaucoup l'attention dans d'autres pays (Kreuger, 1974). Au Canada, il faut se demander si la recherche du rendement économique avantage d'une façon quelconque les sociétés d'État de telle sorte qu'elles sont encouragées à s'y adonner plus activement que les sociétés privées.

En conclusion, nous affirmons que la taille du marché des produits influe de façon décisive sur les coûts de la relation de mandataire dans différentes formes d'organisation des entreprises. Les classifications des industries sont nécessairement simplistes et assez flexibles. La crise de l'énergie et la pénétration du marché par les Japonais, qui ont bouleversé la répartition du marché en insufflant un certain dynamisme dans ce dernier, ont transformé la nature même de l'industrie de l'automobile, qui était auparavant axée sur les techniques de gestion. Mais même si les démarcations entre les types d'industries sont assez floues, personne ne contesterait le fait que, aujourd'hui, l'industrie de la micro-informatique est animée par un esprit d'entreprise, contrairement à l'industrie du transport ferroviaire.

Dans une industrie qui joue sur l'esprit d'entreprise, l'absence d'une entreprise dominante ou d'un groupe d'entreprises bien établies favorise l'entrée sur le marché de nouveaux arrivants et d'entreprises implantées dans des industries connexes. Dès qu'une entreprise occupe une part importante du marché, elle commence à bénéficier d'avantages qui amènent une révolution dans l'industrie à mesure que celle-ci se développe. Les entreprises qui accaparent une plus grande part du marché sont en mesure de réduire leurs coûts du fait des économies d'échelle réalisées et de l'expérience acquise. Fait encore plus important, les entreprises qui connaissent le succès dès leur lancement s'attirent habituellement la confiance des consommateurs, ce qui peut leur permettre d'exiger un prix plus élevé sans perdre de clients. On juge que ce facteur est particulièrement décisif quand le produit offert en vente est un bien durable de consommation ou un bien d'équipement. Dans ces cas, les acheteurs se laisseront influencer par la valeur éventuelle de revente du bien acheté et par la facilité avec laquelle ils peuvent se procurer des pièces de rechange, avoir du service et bénéficier d'améliorations futures. Les acheteurs de biens d'équipement faisant appel à une technologie de pointe choisiront le vendeur qui, à leur avis, consentira vraisemblablement à les aider en cas d'imprévus, tout comme le fabricant qui, selon eux, restera en affaires et dont le produit ne tombera pas en désuétude.

L'esprit d'entreprise et l'industrie nucléaire

L'industrie nucléaire présente bon nombre des caractéristiques d'une industrie type animée par un esprit d'entreprise. Les services publics qui achètent un réacteur nucléaire demandent qu'on leur garantisse que le vendeur restera en affaires pendant les 40 années qui constituent la durée de fonctionnement prévue du réacteur. Ils souhaitent avoir un interlocuteur si les performances du système s'avèrent ne pas être conformes aux normes. De plus, si la décision de leur directeur est contestée un jour, ils veulent être en mesure de faire valoir que d'autres directeurs ont commis des erreurs semblables.

Par conséquent, le sentiment de confiance que procure un producteur dans un marché d'entrepreneurs est fonction de la taille de son entreprise. Les acheteurs sont prêts à payer plus cher pour faire affaire avec des entreprises qui, à leurs yeux, ont de plus grandes chances de survie. Les partisans de l'intervention de l'État dans les industries axées sur l'esprit d'entreprise comprennent bien ces considérations. En effet, certains estiment que l'atout de l'entreprise publique dans la partie que jouent les industries d'entreprise est sa présumée résistance. Bon nombre d'observateurs soutiennent que n'importe quelle entreprise privée canadienne ne pourrait vraisemblablement pas espérer occuper une place sur le marché international des réacteurs nucléaires sans que le gouvernement ne lui fournisse de solides garanties contre toute faillite éventuelle; mais de tels engagements n'ont de valeur que s'ils semblent plausibles aux acheteurs éventuels. Les acheteurs comparent la garantie donnée par les vendeurs canadiens aux assurances semblables que fournissent les vendeurs français, allemands et américains, qui bénéficient tous d'un appui exceptionnel de l'État.

Les cadres des sociétés d'État qui sont chargés de commercialiser de nouvelles technologies dans des industries animées par un esprit d'entreprise saisissent bien ces questions. Ils connaissent l'importance de l'appui de l'État et ils s'offusquent de toute critique formulée à l'endroit d'un aspect du programme qui puisse paraître aux yeux des acheteurs éventuels comme de la volonté vacillante. Ainsi, les cadres ressemblent quelquefois à Lyndon Johnson, qui croyait que la guerre au Vietnam aurait pu être gagnée, n'eût été des détracteurs de la politique américaine aux États-Unis qui ont laissé croire à l'ennemi que l'Amérique ne tiendrait pas le coup. Aussi irritante que puisse paraître ce genre de critique malveillante, il y a plus qu'une parcelle de vérité dans les allégations selon lesquelles les acheteurs éventuels perdent confiance quand ils sont mis au courant des désaccords et des chamailleries internes qu'occasionne un programme, et ce, peut-être à une étape critique de la mise au point de nouveaux produits. Par conséquent, ce qui pour certains auteurs (par exemple, Roderick White, 1984) semble justifier à première vue, l'intervention de l'État dans les industries d'entreprise devient en fait son tendon d'Achille. Dans notre société, l'entreprise publique doit être très transparente et peu de personnes souhaiteraient qu'il en soit autrement.

Les entreprises du secteur privé éprouvent également de la difficulté à convaincre les consommateurs de leur bonne foi. Le journal *The Globe and Mail* a publié un article selon lequel la société Westinghouse se disait confiante dans la survie du marché nucléaire et prévoyait une relance de la production d'énergie nucléaire (le 9 octobre 1984). L'entreprise faisait part de son intention d'accaparer une partie considérable du marché au cours des prochaines années. Afin d'être prête à saisir les occasions qui s'offriront à elle, la société Westinghouse s'associe à une entreprise japonaise pour réaliser, au coût de 150 millions de dollars, un projet ayant pour but d'améliorer la conception de ses réacteurs à eau légère. Westinghouse se lance dans cette entreprise, malgré le fait qu'aucune nouvelle commande n'a été faite aux États-Unis depuis huit ans et que de nombreuses commandes de réacteurs ont été annulées même quand les travaux étaient presque terminés.

Le marché des fusions

Les actions des entreprises publiques qui appartiennent entièrement au gouvernement ne sont pas transférables. La lutte que mènent les cadres pour être nommés aux postes de gestionnaires des sociétés d'État est transposée sur la scène politique ou prend la forme d'une rivalité entre agences. Comme les actions ne peuvent être cédées, le milieu financier ne peut surveiller d'aussi près le comportement de la société d'État. Dans le secteur privé, les analystes financiers s'exposent à des pertes ou à des gains importants en surveillant les activités des sociétés ouvertes. Dans le secteur public, ce sont les ministères, dans lesquels personne ne tire profit directement d'une analyse astucieuse, qui jouent le rôle du marché financier. Non seulement l'analyste en poste au gouvernement n'est-il pas motivé, mais il doit se fonder sur les renseignements que lui donnent les cadres de la société d'État. On ne peut également évaluer le jugement de l'analyste qui est fonctionnaire en le comparant à l'opinion de l'ensemble des investisseurs qui est exprimée par la valeur marchande de l'action.

Les marchés financiers internes

Dans le secteur privé, il arrive souvent que le marché financier interne soit aussi important que le marché externe. Les équipes de cadres comme celles qui gèrent la société Générale Électrique du Canada (GEC) sont évaluées par les actionnaires, et pas seulement pour leurs qualités de gestionnaires. Dans l'entreprise qui comporte de multiples divisions, des cadres supérieurs assurent la bonne marche d'un marché financier interne et surveillent le rendement des chefs des divisions de l'exploitation. Le succès de ce type d'entreprise est fonction de la capacité d'un marché financier interne à réduire à la fois le coût des transactions et le coût de la relation de mandataire. De cette façon, les actionnaires délèguent la fonction de surveillance à un petit groupe de cadres supérieurs qu'ils tiennent pour responsables du rendement général de l'entreprise.

Roderick White (1984) soutient que le gouvernement a peine à faire fonctionner efficacement un marché financier interne. Dans une étude commentant la décision rendue à l'égard des aéronefs Dash 8, White a accusé le gouvernement d'avoir été incapable de gérer une entreprise commerciale lui appartenant en exclusivité. White a comparé le gouvernement au siège social d'une entreprise et la société d'État au service des opérations stratégiques au niveau des divisions. L'entreprise privée a recours à de nombreuses méthodes pour intégrer les objectifs des divisions et ceux du siège social. Pour ce faire, il faut notamment essayer d'adapter la structure de l'entreprise à sa stratégie et à son milieu.

White a souligné que les pendants gouvernementaux des conseils d'administration sont censés accomplir cette intégration. Le gouvernement nomme des sous-ministres clés membres de ces conseils afin d'assurer que les sociétés d'État connaissent les politiques du gouvernement et que ce dernier soit au courant de leurs intentions. L'application de cette démarche dans les sociétés d'État canadiennes faisant partie des industries d'entreprise semble avoir donné des résultats médiocres. White a proposé de confier cette fonction d'intégration aux sociétés de portefeuille, comme la Corporation de développement du Canada (CDC). On ignore au juste pourquoi une telle ligne de conduite devrait découler des principes d'organisation. On suppose que White estimait que la CDC montrerait plus de réticence à donner son appui à un projet que ne le feraient les bureaucrates dans les ministères et les organismes centraux. Les membres du Cabinet hésiteront davantage de s'engager à mettre en œuvre un programme, étant donné que le CDC est un organisme bien en vue.

White a principalement critiqué la décision prise en matière de financement. Dans l'affaire du Dash 8, il affirme que le gouvernement a subi un échec; il nous semble plutôt qu'il punit le gouvernement pour avoir agi comme doit le faire un gouvernement. Par la force des choses, les gouvernements doivent poursuivre des objectifs multiples, qui changent constamment; ils ne peuvent assurer la bonne marche d'un marché financier interne et se laisser guider par un seul objectif commercial prédominant. Voilà pourquoi les gouvernements attendent le

plus souvent jusqu'au dernier moment pour refuser un projet; ils reportent les décisions finales. Dans l'intervalle, les groupes intéressés s'efforcent de convaincre les responsables dans le gouvernement d'adhérer plutôt à leur projet. Ce phénomène tient à la nature même d'un gouvernement démocratique; les ministères auront probablement autant de clients et de composantes qu'il existe de groupes organisés. En poussant l'analyse encore plus loin, on s'aperçoit que, comme le temps du premier ministre et des membres du Cabinet est la denrée la plus rare du gouvernement, les fonctionnaires supérieurs peuvent participer au processus d'intégration uniquement par le truchement de mandataires.

Avant d'élaborer une stratégie, une entreprise doit s'engager de façon claire et ferme à poursuivre un but général sur une longue période. La stratégie doit être énoncée par un nombre restreint de cadres supérieurs qui ont le dernier mot dans les décisions importantes. De cette façon, la notion de « l'intégration » est progressivement introduite dans les plans des divisions au moment où le cadre hiérarchique assimile la culture de l'entreprise. Il y a peu d'espoir que cette formule puisse être appliquée dans le secteur public; on ne peut imaginer de façon précise comment les sociétés d'État pourraient idéalement devenir des divisions du gouvernement. Ce faisant, nous ferions porter la responsabilité de la formulation de la stratégie commerciale par des éléments extérieurs à l'industrie. C'est exactement sur cet aspect que portent les critiques adressées à l'endroit des conglomérats privés. Cependant, même dans les conglomérats privés qui affichent le rendement le plus médiocre, les postes de décision clés ne sont pas attribués à des cadres « à temps partiel », aux traitements relativement modestes, peu intéressés à la réussite de l'entreprise et qui ont la charge de nombreux autres projets prioritaires.

Il ne faut pas chercher à découvrir les facteurs qui empêchent les entreprises publiques de croître et de prospérer en tripotant le cloisonnement des organisations. Il peut s'avérer utile de modifier l'organisation, mais cette démarche laisse intact le problème principal, c'est-à-dire la primauté du jeu politique sur la responsabilité financière et l'esprit d'entreprise. Par exemple, le référendum qui s'est tenu au Québec et la répugnance du gouvernement à annoncer une réduction importante de l'assistance du fédéral, de même qu'une diminution de l'emploi au Québec, ont certainement joué un rôle dans la décision annoncée au sujet de Canadair. Un lien existerait également entre la décision concernant le Dash 8 et celle qui a été prise au sujet de Canadair, étant donné que le gouvernement ne pouvait aller de l'avant dans le dossier Canadair et annuler le projet plus alléchant du Dash 8 sans courir le risque de susciter une vague d'opposition en Ontario.

Le récent désengagement de la Banque Commerciale du Canada illustre également la primauté des impressions sur la scène politique sur les réalités économiques. Du point de vue de la rentabilité, il aurait fallu liquider la banque et cesser de la soutenir financièrement dès que sa situation précaire eut été connue. N'importe quel organisme de réglementation en cause aurait très vite compris qu'il était presque impossible que les affaires de la banque reprennent parce que les financiers astucieux récupéreraient leurs fonds dès l'annonce du retrait du gouvernement; cependant, sur le plan politique, il était inconcevable que le gouvernement fasse montre d'indifférence au sort d'une banque régionale. Le gouvernement provincial, entre autres groupes, se serait alors frotté les mains. Ne valait-il pas mieux, et de beaucoup, de faire en apparence tous les efforts possibles pour maintenir la banque à flot et d'abandonner ensuite la partie seulement quand il était devenu évident que l'établissement financier ne pouvait être sauvé uniquement par l'injection de fonds ? On aura sûrement pensé que les fonctionnaires s'étaient montrés très avisés dans leurs manœuvres politiques en ne mettant pas dans l'embarras leurs supérieurs sur la scène politique et, dans la mesure du possible, en adoucissant le procédé; certains auraient même cru qu'ils étaient en train de sauver la banque. Bien que cette situation ne se soit pas produite dans le monde des industries animées par un esprit d'entreprise, elle n'en illustre pas moins ce qu'il en coûte de faire passer la politique avant tout, en toutes circonstances. Les distinctions entre les activités politiques et les fonctions d'un État, comme la réglementation des banques, ne sont pas aisées à faire. Les directeurs de la Banque du Canada qui font preuve de trop d'indépendance à l'égard des hommes politiques ne restent pas longtemps en poste au Canada et la fonction d'inspecteur général des banques, qui figure dans le répertoire des postes de la fonction publique, est actuellement remplie par un fonctionnaire de carrière.

L'intégration d'organisations animées par un esprit d'entreprise dans un appareil gouvernemental imposant est simplement vouée à l'échec selon toute probabilité. Cet échec peut s'expliquer notamment par le fait que le gouvernement n'est pas une organisation monolithique imposante composée de personnes qui poursuivent tous ensemble un but commun bien articulé. Il ressemble davantage à une pieuvre dont les bras bougent sans coordination, souvent dans des directions contraires et pour des motifs contradictoires. Le monstre avance tant bien que mal dans une direction ou dans une autre. Dans l'esprit de C. D. Howe, une société d'État devait être

nettement distincte du gouvernement de façon à être à l'abri des pressions quotidiennes de la vie politique qui sont tous les jours le lot des fonctionnaires du gouvernement. Cependant, son modèle ne donnera peut-être pas les résultats escomptés. Si la société d'État a besoin de fonds publics, elle sera aussi tributaire des décisions prises par les hommes politiques qu'un simple service gouvernemental. Il paraît peu probable que les sociétés d'État deviennent des concurrents efficaces dans des industries animées par un esprit d'entreprise en remaniant simplement leur échelle hiérarchique ou les méthodes qu'elles utilisent pour dresser un budget.

Le gouvernement ne peut jouer indéfiniment le rôle de banquier et ce phénomène transparaît davantage dans le cas du projet CANDU que dans celui du projet concernant les Dash 8. En effet, le projet CANDU s'étend sur une période tellement longue que les gouvernements qui se sont succédés au pouvoir ont progressivement eu les mains liées.

L'efficacité du jeu politique

Examinons maintenant le dernier facteur qui influe sur l'organisation et, de là, sur la performance de l'entreprise publique par rapport à celle de l'entreprise privée. Il s'agit du degré d'efficacité avec lequel le milieu politique amène les hommes politiques et les fonctionnaires à tenir compte des préférences du public. Cette question est traitée dans une longue liste de publications à grande diffusion, mais un seul de ses aspects semble être d'une utilité quelconque dans une analyse de l'industrie des réacteurs nucléaires : l'attirance extraordinaire qu'exerce le prestige sur les hommes politiques. Le temps infini qu'il faut pour mettre au point un réacteur nucléaire ajoute une nouvelle dimension à cette question du prestige. Allison (1971) a fait observer que l'une des principales raisons qui poussaient les hommes politiques à agir était la possibilité de jouir d'un certain prestige à l'échelle du pays et que le prestige était souvent proportionnel aux coûts irrécupérables. Comme il a occasionné des « coûts irrécupérables » énormes et qu'il a permis d'effectuer des percées en matière de haute technologie, le programme CANDU est auréolé d'un prestige que les hommes politiques ne refuseraient qu'à leurs risques et périls. En France, l'application de la technologie américaine des réacteurs à eau légère a entraîné une perte de prestige qui a été compensée par des investissements considérables dans la recherche orientée vers la construction d'un réacteur surrégénérateur rapide (voir Bupp, 1980; Bugler, 1977*a*; Collingridge, 1984*a*; DeLeon, 1976 et 1980; Fagnani et Moatti, 1984). Si l'on tient compte du fait que bon nombre de personnes doutent de la rentabilité du réacteur surrégénérateur rapide français, il faudrait peut-être imputer les coûts que la mise au point de ce dernier occasionne au programme de fabrication de réacteurs à eau légère, puisqu'ils représentent en fait le prix politique que la France doit payer pour adopter la technologie américaine. Le Royaume-Uni n'a pas encore réussi à sortir du dilemme de la domination du prestige sur le commerce (Collingridge, 1984*b*; Burn, 1978; Cook, 1969), mais les résultats de l'enquête Sizewell (Pearce, 1982*a* et *b*) l'inciteront probablement, à l'instar de la France et du Japon, à préférer la technologie américaine.

À peu près tout le monde s'entend pour dire que les considérations « politiques » influent sur le marché de l'énergie nucléaire. Les tendances habituelles au « protectionnisme » auront un effet sur le choix des activités qui s'offrira au Canada à un entrepreneur audacieux dans le domaine de l'énergie nucléaire. À cause de l'engagement du milieu politique, on peut raisonnablement prédire que l'on devra faire face à une surcapacité dans le monde et à une réduction des marges bénéficiaires. Les investisseurs privés peuvent pénétrer ces marchés de prestige seulement s'ils peuvent compter dans leur pays sur une certaine forme de protection ou sur des subventions pour effectuer des ventes à l'étranger. Cette situation n'est pas unique à l'industrie des réacteurs nucléaires; en effet, les entrepreneurs dans les secteurs de l'acier, des pétroliers et des produits pétrochimiques ont également fait face aux mêmes problèmes.

La perspective politique est utile à de nombreux points de vue, mais tel n'est pas l'objet de la présente étude. Nous ne mettons pas en doute les efforts qui ont été déployés dans la réalisation du projet CANDU afin de rehausser le prestige du Canada. Nous nous penchons sur l'utilisation de l'EACL pour mettre au point la technologie CANDU. À l'inverse, on pourrait simplement supposer que le financement accordé à la recherche et au développement dans des industries privées aurait pu servir d'exutoire à l'élan nationaliste au Canada. C'est la voie qu'ont empruntée les États-Unis et l'Allemagne, tandis que le Canada, le Royaume-Uni et la France ont préféré un mode d'intervention plus direct.

Nous avons étudié les facteurs susceptibles d'atténuer les coûts élevés qu'occasionne autrement une société d'État. Peu d'arguments semblent être valables dans le cas particulier de la mise au point des réacteurs nucléaires. On peut difficilement surveiller les cadres d'une entreprise de R-D qui fait partie d'une industrie animée par un esprit d'entreprise, surtout lorsqu'il s'agit d'assurer que les salaires des cadres sont conformes aux lignes directrices du

gouvernement et que ceux-ci ne peuvent participer au capital-actions. La durée particulièrement longue du processus de mise au point est une source de risques supplémentaires. Les hommes politiques peuvent transférer aux générations futures d'hommes politiques les conséquences de nature politique des avantages dont ils jouissent sur le moment. Comme il n'existe pas de marché sur lequel on peut transiger les actions de la société, il n'existe pas non plus de marché dans lequel les équipes de cadres se font concurrence; en outre, l'évaluation des perspectives de l'entreprise est effectuée par des employés de l'entreprise et n'est pas vérifiée par les évaluations d'organismes indépendants. Cependant, le gouvernement n'est pas à même de combler cette lacune en mettant en place un marché financier interne qui soit efficace. La possibilité de se faire du capital politique est tellement liée à la fierté que suscite la mise au point d'une technologie de pointe que les hommes politiques sont à la merci de la société d'État.

Bref, peu de caractéristiques de la société d'État justifient son choix, sauf peut-être les économies qui résultent de la combinaison d'un objectif politique et d'un objectif commercial. Nous aborderons cette question dans la partie suivante.

Les considérations politiques

Par la poursuite de quels objectifs politiques l'entreprise publique pourrait-elle contrebalancer son inefficacité relative dans la réalisation de ses objectifs commerciaux ?

La comparaison entre l'intervention du secteur public et l'intervention du secteur privé dans les programmes de mise au point de réacteurs nucléaires à l'étranger

Pour établir cette comparaison, examinons pourquoi, dans certains pays, l'État n'a pas confié le développement de l'industrie nucléaire à une entreprise publique. Les gouvernements des États-Unis, de l'Allemagne et du Japon ont consenti à ce que des sociétés privées prennent en main le programme de nucléarisation. Ils ont subventionné proportionnellement les activités de recherche et de développement autant, sinon plus, que ne l'a fait le gouvernement du Canada. Ainsi, existe-t-il effectivement d'autres organes chargés de mettre en œuvre la politique de l'État à des fins similaires sinon identiques. Point n'est besoin, par conséquent, de simplement énumérer les objectifs d'intérêt public pour conclure à l'efficacité d'un instrument comme la société d'État dans la réalisation de ces objectifs. Avant qu'une société d'État puisse à bon droit s'attribuer le potentiel d'un instrument d'intervention efficace, il faudra d'abord qu'elle démontre son efficacité à produire conjointement des services publics et commerciaux.

Jusqu'à une époque récente, de nombreux auteurs se sont fondés sur la réussite apparente des programmes mis en œuvre aux États-Unis et en Allemagne pour prendre position en faveur du recours à l'entreprise privée. S'appuyant sur des comparaisons semblables à l'échelle internationale, Burn (1978) a repris exactement cette argumentation. Comparant les résultats des programmes de nucléarisation de la Grande-Bretagne et des États-Unis, il a attribué l'échec du programme de la Grande-Bretagne aux lacunes de l'entreprise publique. Et pourtant, il y a peu de temps, les partisans de l'énergie nucléaire ont pu souligner le succès qu'a apparemment obtenu la France dans l'application de son programme de nucléarisation. Tout dernièrement, on a imputé au programme français le nombre démesurément élevé de fabricants de réacteurs nucléaires et la surcapacité encore plus exagérée des centrales nucléaires sur son territoire (Collingridge, 1984*a* et *b*). Cependant, même avant les difficultés qui ont marqué dernièrement la réalisation du programme français de nucléarisation, seules les personnes uniquement préoccupées par le programme des réacteurs à eau légère auraient pu considérer ce programme comme une réussite. Compte tenu des sommes considérables englouties par les Français dans d'autres programmes nucléaires, les résultats globaux ne sont guère impressionnants. De toute évidence, les comparaisons simples entre les industries de fabrication de réacteurs nucléaires dans différents pays jettent peu de lumière sur la question présentement à l'étude.

On pourrait cerner les raisons qui poussent un gouvernement à opter pour une entreprise publique en examinant les motifs qui ont incité certains pays à confier le développement de leur industrie nucléaire à une entreprise publique, et d'autres, à une ou plusieurs sociétés privées. En France, en Grande-Bretagne et au Canada, la plupart des sociétés d'électricité relevaient déjà du secteur public. Aux États-Unis et en Allemagne, les sociétés privées et publiques se partageaient le marché. Cette coexistence peut être l'effet du hasard ou simplement le reflet de quelques prises de position antérieures à l'égard de la taille idéale du service public. Cependant, elle peut également traduire le fait que le service public préfère traiter avec un seul fournisseur parce que les interventions du milieu politique ont plus de prise sur lui que sur un monopole privé qui reçoit de l'État d'importantes subventions. Il semble que ce facteur ait été au nombre

de ceux qui ont influencé Hydro-Ontario à une époque cruciale de la mise en valeur de l'industrie canadienne.

La transformation du programme nucléaire du Canada en un projet du secteur public

Au Canada, les liens entre l'Énergie atomique du Canada, Limitée et Hydro-Ontario remontent à 1952, année de la fondation de l'EACL. Comme, des deux entreprises, Hydro-Ontario était celle qui était en meilleure position pour négocier, il ne faut pas s'étonner que l'industrie nucléaire canadienne relève du secteur public. De ce point de vue, l'industrie nucléaire est simplement un prolongement de Hydro-Ontario et, pour déterminer les origines de son alliance avec le secteur public, nous devons examiner d'abord pourquoi Hydro-Ontario fait partie du secteur public et pourquoi cette société a usé de son influence pour promouvoir l'entreprise publique de préférence à l'entreprise privée. On a beaucoup fait état de la première question dans d'autres ouvrages. Récemment, Baldwin (1984) a présenté une nouvelle interprétation des faits et a expliqué la domination de certaines industries par les sociétés d'État au moyen d'une nouvelle théorie plutôt audacieuse. Selon lui, les entreprises qui engagent des capitaux considérables dans des biens immobiliers ne pouvant servir à d'autres fins peuvent prêter flac à l'opportunisme des hommes politiques. À court terme, ces derniers peuvent céder aux pressions des consommateurs et leur imposer des tarifs réduits tout en maintenant les mêmes services. C'est dans cet esprit que l'on a décrété la réglementation des loyers, même si l'on sait fort bien que, à long terme, la réglementation des loyers réduit le parc de logements et contraint l'État à fournir des logements sociaux. Il n'en demeure pas moins que, malgré sa grande inefficacité, le mécanisme retenu est peut-être le meilleur moyen qu'ont à leur disposition les hommes politiques pour répondre aux demandes des associations de locataires favorables au contrôle des loyers. Baldwin montre que, aux États-Unis, les organismes de surveillance chargés de la tarification des services publics ont été obligés, pour des raisons d'ordre constitutionnel, de fixer des taux qui permettraient un rendement raisonnable. Au Canada, la loi n'offrait pas de protection semblable contre l'expropriation de biens privés, mesure qui s'impose lorsque les prix maximums sont tellement bas que les revenus de l'entreprise ne lui permettent même pas de récupérer son coût en capital. Dès que les investisseurs privés se retirent, découragés par les faibles rendements, une entreprise publique prend le service en charge. Dans cette optique, l'entreprise publique, écrit Baldwin, peut être un mécanisme social qui, en se développant, a fait contrepoids à l'opportunisme des hommes politiques. Il est ironique de constater que la sensibilité aux réactions politiques des autorités chargées de réglementer la tarification est l'un des irritants de l'industrie nucléaire aux États-Unis. Ces autorités interprètent la réglementation de telle façon que l'assiette des tarifs ne tient aucunement compte des nouvelles centrales nucléaires, particulièrement celles qui ne seront pas terminées et, par conséquent, exploitées. Les entreprises ont beaucoup de peine à trouver des sources de financement pour ces projets parce qu'il est plus que douteux que les autorités chargées de réglementer la tarification autoriseront des majorations de tarifs de 50, 60 ou 70 %. Les formules courantes de calcul des taux de rendement ont pour résultat des majorations aussi importantes quand la valeur comptable d'une centrale nucléaire, qui comprend le coût du capital accumulé durant la construction, est ajoutée à l'assiette des tarifs (Cook, 1985).

Même si la thèse de Baldwin apporte une explication intéressante à la domination des marchés de l'électricité au Canada par des entreprises publiques, elle n'éclaire pas de façon satisfaisante l'émergence de l'EACL. Songeons seulement aux multiples exemples de manifestations à posteriori d'opportunisme, devant lesquelles une entreprise privée aurait abandonné l'idée de se lancer au Canada dans un projet quelconque, du moins tant que le gouvernement n'aurait pas jeté les bases d'une politique de financement des activités de recherche et de développement dans le secteur privé. Sans l'appui du gouvernement, l'entreprise privée aurait été contrainte de concurrencer les fabricants étrangers de réacteurs nucléaires qui, eux, bénéficient de subventions de l'État. Même une garantie quelconque du gouvernement fédéral lui assurant la mainmise sur le marché canadien ne constituerait pas un stimulant suffisant. Sachant que les entreprises de services publics de la province sont les seuls clients, une société privée aurait tout lieu de craindre que le milieu politique, par opportunisme, l'oblige à abaisser son prix au niveau de celui du concurrent étranger. En outre, l'entreprise privée pourrait craindre que le gouvernement cesse de la protéger contre la concurrence des producteurs étrangers ou que le gouvernement provincial l'exproprie en lui offrant la valeur comptable. Quel que soit le dénouement envisagé, la crainte d'être victime de l'opportunisme du milieu politique rend nettement insuffisante la récompense reçue en contrepartie de certains risques. En cas d'échec, l'investisseur perd tout, malgré la subvention de l'État. Si les activités de recherche et de développement sont couronnées de succès, il est peu probable que l'investisseur obtienne les rendements élevés qui accompagneraient habituellement un projet aussi risqué que celui-ci.

Le scénario que nous venons d'exposer montre pourquoi une entreprise privée pourrait hésiter à investir des sommes importantes dans la mise au point de réacteurs nucléaires dans un marché national restreint où il n'existe qu'une poignée d'acheteurs éventuels, surtout si ces acheteurs appartiennent au secteur public. Cependant, l'évolution de l'industrie nucléaire au Canada ne semble pas être conforme au modèle de l'opportunisme. En effet, le gouvernement a plutôt déployé beaucoup d'énergie pour décourager les entreprises privées à s'implanter dans ce secteur. Deux raisons semblent être à l'origine de cette attitude. Premièrement, les deux sociétés canadiennes qui étaient en mesure d'entreprendre les travaux de recherche et d'ingénierie au début du programme étaient des filiales d'entreprises américaines. Les sociétés mères, General Electric et Westinghouse, étaient toutes deux en train de mettre au point d'autres technologies nucléaires qui faisaient concurrence à la technologie employée au Canada. Deuxièmement, la société Hydro-Ontario a suivi la ligne de conduite qu'elle avait adoptée longtemps auparavant, qui consistait à diversifier ses sources d'approvisionnement.

L'influence du nationalisme au Canada

Cela n'est pas toujours un élan de nationalisme qui a amené le gouvernement à repousser les filiales canadiennes d'entreprises étrangères. En 1954, le contrat de la construction du réacteur NPD a été adjugé à GEC (voir la liste des réacteurs canadiens au tableau 3-1). Sims (1979) signale que GEC disposait d'un atout de taille : la participation de sa société mère au programme nucléaire américain. Cette attitude n'a pas fait long feu. En 1954, on n'avait pas encore commencé à exploiter commercialement la technologie des réacteurs nucléaires. Les autorités canadiennes ont sans doute cru qu'une association avec des entreprises américaines était un moyen d'avoir accès, à peu de frais, à la technologie étrangère. Cependant, à peine cinq ans plus tard, à l'époque de la conception du réacteur de Douglas Point, l'EACL a vraisemblablement eu l'impression qu'elle faisait concurrence avec General Electric et Westinghouse pour la commercialisation de ses réacteurs.

Certes, les décideurs ont été animés de sentiments nationalistes à maintes reprises au moment où il aurait été possible de maintenir ou d'accroître la participation du secteur privé au programme nucléaire. Toutefois, si le gouvernement du Canada pensait faire une chaude lutte aux concurrents étrangers afin de s'approprier des ventes rentables sur les marchés étrangers, on peut difficilement lui reprocher de ne pas avoir voulu prendre le risque de partager sa technologie avec la filiale d'un concurrent. Une grave question se pose alors : en agissant ainsi, le gouvernement du Canada était-il guidé uniquement par l'appât du gain ou avait-il d'autres aspirations ?

Tableau 3-1

Le programme national de production nucléaire d'électricité du Canada

	Capacité (en MW[e])	Commande	Mise en exploitation (réelle ou prévue)
Réacteur ou contrôle :			
NPD	22	1955	1962
Douglas Point	200	1959	1966
Pickering A 1, 2	4 x 515	1964	1971
3, 4		1967	1972-1973
Bruce A	4 x 746	1969	1977-1979
Gentilly II	637	1973	1982
Pointe-Lepreau	630	1974	1982
Pickering B	4 x 516	1974	1983-1984
Bruce B	4 x 756	1975	1983-1987
Darlington	4 x 881	1978	à l'origine 1984-1987
			maintenant 1988-1990
Total (3-9)	14 923		
Total (3-8)	11 400		

SOURCE Canada, ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (1982), p. 5.

La définition du mandat de l'EACL : avait-on l'intention de faire de l'EACL un laboratoire de recherche gouvernemental ou une entreprise commerciale ?

Comme cela arrive si souvent, les motifs de la conduite de tous les intervenants dans l'industrie nucléaire au lendemain de la création de l'EACL étaient complexes. Sims (1979) et Eggleston (1965) se sont penchés sur les débuts de l'EACL. Le récit qui suit est principalement fondé sur ces sources de seconde main. D'après ces ouvrages et à partir de quelques entrevues réalisées avec certains pionniers dans le domaine, on peut conclure sans risquer d'erreur que, aux yeux de nombreux chercheurs bien établis, l'accès continu aux établissements de recherche et aux travaux de recherche passe par la commercialisation.

Avant la création de l'EACL, la Division des produits commerciaux de Eldorado Mining and Refining Limited, une société d'État, s'occupait du traitement du radium et des produits du radium. Cette division a été incorporée à l'EACL en 1952. Selon Eggleston, on avait admis dès le début que, comme le marché canadien des isotopes serait limité, il faudrait créer un marché d'exportation et fabriquer les produits en grande quantité pour abaisser les coûts et offrir un service de première classe aux utilisateurs canadiens (p. 274).

Sims a signalé que, dès 1947, au moment de l'entrée en service du réacteur NRX, M. MacKenzie, qui devait plus tard devenir le premier président de l'EACL, s'inquiétait de la grande taille du complexe de Chalk River, qui devait être uniquement utilisé pour la recherche dans le domaine nucléaire, et affirmait que l'exploitation commerciale d'un nouveau réacteur chargé essentiellement de produire du plutonium constituerait un motif solide pour la survie de Chalk River (p. 40).

Les préoccupations financières ont pris encore plus d'ampleur quand on a estimé que la durée utile d'un réacteur ne dépasserait peut-être pas cinq ans. En 1944, le coût de la mise au point du réacteur NRX a été évalué à 10 millions de dollars. Ce réacteur est entré en activité trois années plus tard, soit en 1947, et son coût a probablement dépassé le montant figurant dans le budget. Au stade où il en était, à l'époque, le milieu scientifique a prévu qu'il faudrait continuellement engager des sommes importantes pour mettre des réacteurs nucléaires à la disposition des chercheurs.

En 1950, on donna le feu vert au projet du réacteur NRU après avoir passé avec le gouvernement des États-Unis un contrat d'approvisionnement en plutonium. Rien d'étonnant aux propos de Sims lorsqu'il a signalé que le gouvernement avait acquis la certitude de voir un jour l'EACL devenir autonome grâce aux ventes de radio-isotopes, et principalement de plutonium. Cet espoir s'est évanoui en 1962 quand les États-Unis n'ont pas reconduit le contrat d'approvisionnement en plutonium.

L'importance croissante que prenaient les activités commerciales de l'EACL a été l'un des principaux facteurs à l'origine de sa constitution, en 1952, en société d'État, distincte du CNR. Cependant, au départ, l'EACL n'avait pas pour mandat de produire de l'électricité, quoique cette possibilité était à l'étude. Le scientifique W. B. Lewis a mis la dernière main à une proposition concernant l'énergie atomique en août 1951. En 1953, C. D. Howe déclarait à la Chambre des communes que la production d'énergie électrique faisait partie des attributions des services chargés de la distribution de l'énergie électrique, c'est-à-dire d'organismes comme Hydro Electric Power Commission of Ontario (HEPCO – qui devait devenir plus tard Hydro-Ontario) ou des grandes sociétés privées s'occupant de produire de l'énergie électrique (Sims, 1979, p. 99).

Au moment de la création de l'EACL, le planificateur principal du Canada n'avait nullement l'idée d'implanter l'entreprise dans le secteur de la production d'énergie électrique. En 1954, on a constitué un groupe d'étude placé sous la direction d'un ingénieur de HEPCO et formé de représentants des entreprises suivantes : B. C. Electric, Shawinigan Water and Power Co., Manitoba Hydro, Canadian Brazilian Services, Montreal Engineering et Babcock & Wilcox. (J'ai appris au cours d'une entrevue réalisée avec un cadre supérieur de GEC que cette société avait également fait partie du groupe d'étude, mais Sims n'en a pas fait mention.) L'EACL a déclaré que les entreprises contractantes seraient responsables de la conception, de la construction et du rendement des machines (cité par Sims, 1979, p. 10). Une fois les plans terminés, l'appel d'offres a été lancé et le contrat a été adjugé à GEC.

En 1956, le gouvernement a évalué ses dépenses pour les cinq années suivantes aux montants suivants : 36, 30, 20, 13 et 15 millions de dollars, respectivement; l'EACL a dépensé en réalité 3, 25, 29, 31 et 38 millions de dollars, respectivement (Sims, 1979, p. 106). De toute évidence, cette année-là, le gouvernement ne réalisait pas qu'il était sur le point de contracter un engagement financier important, même s'il était conscient du risque assez élevé que présentaient ces investissements. W. J. Bennett déclarait en 1956 qu'au moment où il parlait, personne ne pouvait affirmer quel type de réacteur

nucléaire serait le plus rentable (Sims, 1979, p. 112). Ce n'est qu'après 1959 que le gouvernement s'est engagé à mettre en jeu des sommes considérables dans l'espoir de rentabiliser sa mise. Jusqu'alors, il avait espéré que les coûts des expériences scientifiques resteraient modérés et avait tout misé sur les revenus et le prestige que pouvaient rapporter de telles dépenses. En 1960, il n'était pas certain que le projet CANDU serait réalisé. Cependant, à ce moment-là, le gouvernement avait déjà englouti 81 millions de dollars dans le projet de mise au point du réacteur de Douglas Point. Hydro-Ontario devait acheter la centrale dès qu'elle serait entièrement prête pour l'exploitation; cependant, le gouvernement du Canada a financé le projet et en a assumé tous les risques.

Sims a énuméré les multiples motifs politiques en cause. Premièrement, la réaction à l'annulation du projet Avro Arrow par le Parti conservateur a fait prendre conscience au gouvernement dirigé par le Parti libéral du prix politique à payer pour toute annulation d'un projet scientifique. Deuxièmement, à cette époque, l'industrie d'extraction de l'uranium était plutôt concentrée dans la circonscription même du premier ministre, celle de Elliot Lake, et elle était sous le coup d'une menace des États-Unis de mettre l'embargo sur les importations d'uranium. Enfin, la société Hydro-Ontario avait un urgent besoin de nouvelles centrales et a manifesté un enthousiasme délirant pour la filière CANDU.

C. D. Howe n'était plus responsable du dossier. En 1957, il fut remplacé par Gordon Churchill au poste de ministre en charge de l'énergie atomique. Tout le monde sait que Howe était convaincu que les sociétés d'État devaient être, d'abord et avant tout, des entreprises commerciales. Le président de l'EACL de l'époque et lui s'accordaient à reconnaître que l'on devrait confier au secteur privé la mise en valeur de l'énergie nucléaire. Bennett était un chaud partisan de l'engagement du secteur privé dans le développement de l'énergie nucléaire (Sims, 1979, p. 14). La nomination de Lorne Gray en 1958 a changé la situation du tout au tout. Dès 1956, Gray avait affecté une vive hostilité à l'égard des sociétés canadiennes d'ingénierie en affirmant qu'aucun service d'exploitation dans les sociétés d'ingénierie au Canada n'était doté de personnel expérimenté (Sims, 1979, p. 115). Il attribuait cette faille à l'organisation en de multiples filiales qui caractérisait alors l'industrie canadienne. À l'époque, la société GEC était la cible de critiques pour la façon dont elle avait construit le réacteur expérimental NPD. Il était probablement hors de question à ce stade de confier les travaux à un entrepreneur privé parce que l'EACL avait déjà constitué une équipe de « design » chargée de mettre au point le réacteur de Douglas Point. Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, Hydro-Ontario préférait que l'EACL produise le réacteur nucléaire et n'a sûrement pas opposé quelque résistance à Lorne Gray.

Dans l'élaboration de la stratégie à long terme, il n'a été nullement question de retirer à l'entreprise privée le mandat de construire la filière CANDU pour le confier à l'entreprise publique. Si, à cette époque, le gouvernement envisageait de vendre la filière CANDU à l'étranger et d'entrer ainsi en concurrence avec les États-Unis, la Grande-Bretagne, la France, et plus tard avec l'Allemagne et la Suède, il n'a rien laissé paraître de ses intentions. Il a mis en place une structure permettant de livrer un système conformément à un mandat (voir Sayles et Chandler, 1971). Point n'était besoin à l'EACL d'élaborer une stratégie de commercialisation si elle devait rester l'associée d'une société d'État relevant d'un gouvernement provincial qui se contenait de lui assurer la capacité de production dont elle avait besoin.

L'EACL s'est concentrée sur la réalisation de projets dans le pays. Elle a participé à la conception d'un réacteur mis au point en Inde, mais le contrat avait été passé entre les gouvernements et s'inscrivait dans le programme canadien d'aide à l'Inde. Évincée du marché intérieur, la société GEC s'est tournée vers le marché étranger, remportant un succès limité. En 1964, elle a vendu à un prix fixe un réacteur au Pakistan, réalisant ainsi un profit. Par la suite, son carnet de commandes est resté vierge. Lors d'une entrevue, le directeur du programme nucléaire de GEC à l'époque a déclaré que la société figurait au nombre des entreprises en liste pour vendre un réacteur CANDU en Argentine, mais que le gouvernement n'était pas disposé à garantir le financement des exportations pour deux projets réalisés simultanément. GEC a demandé l'autorisation d'offrir à l'Argentine et à la Finlande la garantie de financement des deux projets et de n'accepter que la première soumission.

On s'interroge encore sur les raisons qui ont amené le gouvernement à refuser l'entente proposée par GEC. L'EACL s'inquiétait-elle de l'arrivée d'un concurrent sur le marché national ? L'Argentine a accepté l'offre de la société Seimens pour la mise au point d'un réacteur à eau lourde principalement parce que celle-ci proposait des conditions financières plus favorables.

En 1964, l'année où le contrat au Pakistan lui fut adjugé, GEC se préparait à présenter une soumission pour

la conception et la construction à un prix fixe de la centrale de Pickering. Les sociétés Hydro-Ontario et EACL lui ont fait savoir très clairement qu'elles n'accepteraient jamais de soumission venant d'elle.

Puisque la présentation d'une soumission coûte plusieurs centaines de milliers de dollars, GEC s'est abstenue et cela a marqué pratiquement la fin de toute participation importante du secteur privé à la conception de réacteurs nucléaires. GEC s'est retirée de l'industrie en 1968, alors qu'elle était en mesure de concevoir, de commercialiser et de fabriquer intégralement des réacteurs nucléaires.

L'EACL a embauché de nombreux employés du service de commercialisation de GEC et a reçu l'autorisation du gouvernement de vendre à l'étranger des réacteurs nucléaires. L'engagement personnel de Lorne Gray, président de l'EACL, témoigne de l'importance de ce nouveau volet des activités de l'entreprise. Sims (1979, p. 133) a signalé que Gray s'était intéressé à tous les aspects du programme de commercialisation. Le marché de l'exportation faisait l'objet d'une concurrence féroce (voir la liste des ventes à l'étranger au tableau 3-2). Le vice-président de la Division de la commercialisation de l'EACL a fait remarquer que les soumissionnaires étaient presque aussi nombreux que les acheteurs (Sims, 1979, p. 135). Gray ne sous-estimait pas l'importance des ventes à l'étranger. Bien que, jusqu'en 1975, la demande intérieure paraissait assez élevée pour que les fabricants de réacteurs CANDU soient relativement occupés, Gray a reconnu que, si aucune commande ne provenait de l'extérieur, il faudrait certainement conclure que tout ne tournait pas rond à l'EACL. Le Canada, ajoutait-il, jouait sa réputation (Sims, 1979, p. 136). Plus tard, en 1977, il a admis s'être vraiment demandé ce qu'il adviendrait du programme nucléaire canadien si l'EACL ne vendait aucun réacteur (Sims, 1979, p. 136). Sims a fait grand cas des commentaires formulés par J. S. Foster en 1975. Foster, qui avait succédé à Gray à la tête de l'EACL, a affirmé que l'on n'avait cependant pas donné une image fidèle des activités fondamentales de l'EACL. Selon lui, le rôle principal de l'EACL devait être maintenu, c'est-à-dire que l'EACL devait continuer à mettre au point des méthodes d'application de l'énergie nucléaire dans l'intérêt croissant de l'humanité en général et des Canadiens en particulier. Il avait été nécessaire, déclarait-il, de se lancer dans des initiatives commerciales d'envergure comme la production d'eau lourde et l'exportation de centrales nucléaires afin d'assurer solidement les bases du programme canadien, mais ces activités n'étaient qu'*accessoires* (Sims, 1979, p. 259, passage souligné par l'auteur).

Tableau 3-2

Résumé des ventes à l'exportation, par pays

	Commande	Date en exploitation	Type
Inde	1956	1960	Type NRX Réacteur de recherche (CIRCUS)
Inde	1963	1972	200 MW(e) Réacteur de puissance (RAPP 1)
Pakistan	1964	1970	125 MW(e) Réacteur de puissance (KANUPP)
Inde	1967	1981	200 MW(e) Réacteur de puissance (RAPP 2)
Taiwan	1969	1971	Type NRX Réacteur de recherche
Argentine	1974		600 MW(e) Réacteur de puissance (CORDOBA)
Corée	1976		629 MW(e) Réacteur de puissance (WOLSUNG)
Roumanie	1979		629 MW(e) Réacteur de puissance (CERNAVODA-1)
	1981		(CERNAVODA-2)

SOURCE Canada, ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (1982), p. 5.

D'après Sims, Foster reconnaissait ainsi que l'EACL était un organisme de recherche qui considérait les activités de commercialisation avec une certaine désinvolture. L'interprétation de Sims est peut-être exacte, mais il est également possible de déduire des déclarations de Foster

que l'EACL s'était rendue compte qu'elle n'avait pas réussi à remplir son mandat, et de trouver cette interprétation tout aussi convaincante. Acculée au pied du mur par un nombre infime de ventes de produits d'appel à l'étranger, frustrée par la non-reconnaissance du Royaume-Uni, du Japon et de l'Italie et embarrassée par le fiasco qu'avait été la production d'eau lourde, comment l'EACL n'aurait-elle pas cherché à trouver un certain réconfort dans l'idée que ces activités étaient secondaires ? Et même si l'EACL se percevait purement et simplement comme un organisme de recherche, est-ce bien le mandat que comptait lui donner le gouvernement ? Sims a reproché à l'EACL de n'avoir jamais pris assez au sérieux ses activités de commercialisation. On peut lire les mêmes données et les interpréter de la façon suivante : l'EACL a effectivement pris au sérieux ses activités de commercialisation, mais elle n'a simplement pas réussi à les mener à bien.

Le rôle grandissant de l'exploitation commerciale du CANDU

La présente partie est fondée sur la prémisse qu'une société d'État pourrait efficacement mettre en œuvre la politique de l'État si, en même temps, l'État poursuivait d'autres objectifs non commerciaux. À l'époque où on a lancé le programme de mise au point de réacteurs nucléaires, la commercialisation était clairement un aspect secondaire. On considérait cette activité comme une façon simple et commode de financer un effort de recherche qui prenait de plus en plus d'importance. Au départ, on espérait, par la recherche, acquérir un certain prestige et amener la population à se rendre compte que les activités d'éducation et de formation qui entraient dans la réalisation des projets de mise en valeur de l'énergie atomique faciliteraient la formation du personnel pour l'avenir. Un nombre restreint de mesures ont été prises en vue d'exploiter les possibilités commerciales. L'industrie de production des isotopes semblait se développer d'elle-même et, plus tard, le marché des réacteurs nucléaires a été créé grâce à la demande de Hydro-Ontario. L'EACL s'attendait que, compte tenu du taux prévu de croissance de la demande mondiale en réacteurs, les acheteurs viendraient d'eux-mêmes frapper à sa porte.

La recherche était la responsabilité première de l'EACL et de son organisme de parrainage au sein du gouvernement, mais le mandat de l'entreprise prévoyait des activités commerciales afin de financer la recherche. N'eût été de cette dernière obligation, il aurait été inutile de constituer l'EACL comme un organisme distinct du Conseil national de recherches. À l'époque, les possibilités commerciales futures de l'énergie nucléaire étaient perçues avec beaucoup d'optimisme. Cependant, ce sont les événements qui ont dicté l'orientation de l'EACL, plutôt que l'inverse. Avec le temps, le manque de savoir-faire dont ont fait preuve les hommes politiques au sujet de l'imposition de restrictions à des programmes scientifiques de prestige et de la participation de filiales américaines, conjuguée avec l'arrogance des bureaucrates et des experts techniques à l'endroit des activités commerciales, a tracé la voie de l'EACL. Ce n'est sûrement pas par hasard que Lorne Gray est devenu président de l'EACL à cette époque cruciale. Ses opinions et ses attitudes étaient connues de tous. La nomination à la tête de l'EACL d'un partisan de l'intervention directe de l'État était sûrement le résultat d'un processus politique quelconque. Dans cette perspective, on ne peut distinguer l'influence de l'EACL sur le gouvernement de l'influence du gouvernement sur l'EACL.

Au début du programme, on ne relevait aucune trace d'opportunisme. Toutes les parties semblaient avoir été bien informées et être conscientes du processus dans lequel elles étaient engagées. C'est ainsi que l'on a évincé la société GEC, qui était une concurrente sur les marchés CANDU, et que l'on s'est concentré sur l'association avec Hydro-Ontario. La décision du gouvernement de ne pas appuyer en même temps les soumissions de GEC en Argentine et en Finlande semble indiquer que le véhicule qu'il avait lui-même mis sur pied pour mettre au point la technologie nucléaire le satisfaisait pleinement.

Après 1968, les attentes du gouvernement à l'égard de l'EACL ont changé radicalement. Les possibilités commerciales ne faisaient pas contrepoids aux ponctions de plus en plus importantes sur le Trésor fédéral. Seule la province de l'Ontario avait bénéficié des retombées du programme, qu'il s'agisse du nombre d'emplois créés ou de l'importance de la capacité installée de production d'énergie nucléaire. Il était primordial pour le gouvernement fédéral que des ventes à l'étranger soient effectuées, ne serait-ce que pour justifier sa participation à un programme dont tirait seulement profit la province la plus riche du Canada à l'époque. On peut expliquer les échecs subis dans la production d'eau lourde par la volonté politique de faire bénéficier également les provinces maritimes et le Québec des avantages du programme. Après 1968, les intérêts politiques du gouvernement du Canada étaient liés presque exclusivement à la réussite commerciale du réacteur CANDU sur les marchés mondiaux. Non seulement cette réussite justifierait-elle l'affectation de fonds fédéraux aux yeux des électeurs et

des gouvernements d'autres provinces que l'Ontario, mais elle stimulerait la demande en eau lourde provenant des provinces maritimes et des services d'ingénierie du Québec. À ce moment-là, l'Ontario était déjà en mesure de satisfaire la presque totalité de ses besoins, sauf dans le secteur de la recherche. L'EACL devenait le promoteur du CANDU à l'étranger, jouant quelque peu le même rôle qui avait été attribué à GEC à peine quelques années auparavant.

Deux sources anonymes font valoir que le gouvernement du Canada a admis avoir des doutes sur la voie dans laquelle il s'était engagé résolument, c'est-à-dire la commercialisation des réacteurs nucléaires au moyen de ventes à l'étranger. La preuve en est que le Canada, un des nombreux pays qui essayaient d'exporter des réacteurs nucléaires et de l'uranium, a pris la tête d'un mouvement en vue d'obtenir des acheteurs des garanties selon lesquelles les réacteurs nucléaires et l'uranium fournis par le Canada ne seraient pas utilisés à des fins militaires (voir EMR, 1981*b*, p. 333; Noble, 1978; Legault, 1976; Keeley, 1980; Hunt, 1977). Mais ce n'est qu'en 1974, après l'explosion en Inde d'un engin nucléaire, que des considérations politiques auraient freiné les efforts de commercialisation déployés par le Canada. Par conséquent, les politiques de l'EACL ne tenaient nullement compte des garanties, du moins avant 1974. En outre, une des thèses majeures de la présente étude tend à démontrer que l'EACL n'a pas réussi à vendre des réacteurs CANDU dans des pays en développement, et surtout pas aux États-Unis ni en Allemagne de l'Ouest. Dans ces pays, tout comme en Grande-Bretagne et au Japon, la question des garanties n'aurait eu aucun effet sur les ventes de réacteurs CANDU.

Nous concluons donc que, au moins à partir de 1970, le gouvernement fédéral a attaché un certain prix à la réussite commerciale de l'EACL, surtout sur les marchés internationaux, non seulement pour les avantages financiers qu'il pouvait en tirer, mais également pour les retombées politiques dont il pouvait bénéficier. On n'a jamais empêché l'EACL d'assumer ses responsabilités en matière de commercialisation par la nécessité d'atteindre un objectif politique parallèle ou concurrent. Quand des considérations politiques intérieures ont été en cause, comme dans le cas de la construction d'usines d'eau lourde en Nouvelle-Écosse et au Québec, le gouvernement fédéral a fourni les fonds qui manquaient. On n'a jamais demandé à l'EACL de contribuer de ses propres deniers au financement des projets pour un groupe ou une région donnés.

4 Le cadre d'une analyse de l'organisation

La théorie de l'organisation, comme il est affirmé au chapitre 2, n'est pas assez avancée pour pouvoir fournir un cadre conceptuel suffisamment élaboré qui permettrait d'établir lequel, de l'entreprise publique ou de l'entreprise privée, serait le plus apte à véhiculer la politique du gouvernement. D'après la théorie actuelle, cependant, il semble préférable de recourir à l'entreprise privée lorsque l'activité ne vise pas à atteindre des objectifs publics à caractère non commercial. Toutefois, il est difficile d'évaluer quantitativement l'avantage que présente une entreprise privée par rapport à une entreprise publique. Il se peut que l'avantage soit négligeable et, dans ce cas, les quelques bienfaits politiques peuvent être fournis à un coût raisonnable par une entreprise publique.

Tant que la théorie ne sera pas plus perfectionnée, il sera normal d'évaluer la performance d'une entreprise publique en comparant son activité et son rendement aux méthodes de gestion synonymes de l'excellence.

La stratégie de l'entreprise

Les études traitant de la stratégie de l'entreprise forment un répertoire d'exemples de méthodes et de stratégies de gestion qui sont synonymes de réussite. Bien que ces facteurs ne soient pas immuables, ils sont pris en considération par la plupart des grandes sociétés privées dans la planification des stratégies. Dans cette perspective, il serait intéressant d'évaluer le rendement des cadres de l'EACL par rapport aux meilleurs résultats obtenus par les cadres du secteur privé.

Les théoriciens qui s'intéressent à l'organisation ne croient pas tous que les cadres sont en mesure de prescrire la structure, l'activité et le rendement de l'entreprise. Ces théoriciens, qu'il est commode ici de qualifier globalement de « partisans de la prépondérance de la conjoncture », croient que la structure et la stratégie de l'organisation se conforment à des conditions de fonctionnement préétablies, suivant des modalités prédéterminées.

Dans la présente étude, il est supposé que la conjoncture, bien qu'ayant un effet déterminant marqué, laisse quand même aux cadres une certaine latitude. Dans le modèle de stratégie de gestion retenu ici, les principaux décideurs d'une organisation en définissent les objectifs et orientent ses activités en vue de les atteindre.

Cette distinction doctrinale entre les théoriciens « partisans de la conjoncture » et ceux qui sont « adeptes de la stratégie » est d'une importance secondaire dans la présente étude. Le modèle de stratégie est retenu parce qu'il met en relief les facteurs qui contribuent à une gestion efficace. Il ne s'agit pas de reprocher après coup aux agents d'avoir adopté une stratégie qui semblait optimale à l'origine, mais de profiter de l'expérience acquise et d'en venir à mieux comprendre la voie dans laquelle s'engage le gouvernement lorsqu'il décide de favoriser l'expansion de nouvelles industries à risques élevés.

La théorie de la stratégie de l'entreprise n'est pas non plus perfectionnée au point de permettre à l'analyste de prévoir invariablement ce qui mène vraisemblablement à la réussite ou est voué à l'échec. Il est difficile, par exemple, d'expliquer pourquoi Xerox dont les percées technologiques font la renommée a permis à la société Apple et d'autres d'exploiter des innovations clés en micro-informatique qui avaient été mises au point dans ses laboratoires. Il n'est pas évident non plus comment IBM, qui a tardé à se lancer dans la micro-informatique et qui n'est généralement pas réputée pour sa souplesse, est rapidement devenue la principale concurrente de la société Apple, tandis que d'autres, en grand nombre, incluant de grands fabricants d'ordinateurs et des entreprises bien dirigées tels que Texas Instruments, Hewlett-Packard et Digital Equipment (DEC), ont tenté leur chance sans succès.

La gestion stratégique

Bien que le choix de stratégies relève du directeur général et des cadres supérieurs de l'entreprise, ce choix est déterminé par les éléments qui influent sur le rendement de l'entreprise. De façon générale, Donaldson et Lorsch (1983) ont dégagé trois éléments, à savoir : le marché financier, l'organisation et le marché des produits.

Les marchés financiers

Le marché financier est la source externe de financement et comprend à la fois les actionnaires et les sources d'emprunts. Donaldson et Lorsch ont observé que les entreprises tentent par tous les moyens d'éviter de recourir aux sources externes de financement. À cet égard, le rôle des cadres supérieurs est axé sur les ressources internes. Les grandes entreprises déploient des efforts considérables pour s'autofinancer. La plupart des entreprises de l'échantillon étudié par Donaldson et Lorsch planifient la croissance de l'actif d'une division en fonction des bénéfices qu'elle rapporte et que conserve l'entreprise.

Les cadres supérieurs considèrent toujours instables les sources externes de financement et cherchent à adopter des stratégies d'autofinancement des projets dont les risques sont jugés particulièrement élevés ou dont la mise en œuvre nécessitera beaucoup de temps. C'est pour cette raison que la matrice de croissance en fonction de la part du marché, élaborée par le Boston Consulting Group, a été bien accueillie par les chefs d'entreprises. La matrice combine deux thèmes fondamentaux, à savoir la diversification du portefeuille comme moyen de réduire les risques et le modèle de cycle de production, qui est complété par l'effet d'apprentissage ou d'expérience. La combinaison de ces effets incite les innovateurs à accélérer l'expansion et la croissance pour se tailler avant d'autres une part importante du marché. Les sommes investies au tout début du cycle de production doivent donc être considérables et peuvent être irrécupérables. Pour que les cadres arrivent à conserver l'appui des propriétaires et des créanciers, et qu'ils puissent prendre des mesures stratégiques, il est recommandé que l'entreprise établisse une gamme de produits à divers stades du cycle de production. Cela découle de la préférence pour l'autofinancement plutôt que pour le financement par emprunts.

Les efforts déployés par les entreprises pour ne pas être dominées par les marchés financiers s'expliquent en partie par l'attitude des cadres à l'égard des risques. Donaldson et Lorsch signalent que l'analyse explicite des risques n'entre pas dans le processus établi de planification des entreprises étudiées. Ils affirment que les cadres supérieurs croient que les risques peuvent être atténués en faisant preuve de circonspection et d'adresse. Les cadres supérieurs se méfient de l'évaluation des risques et possibilités faite de l'extérieur et estiment que la réussite à long terme répondra au besoin de financement. D'après Donaldson et Lorsch, de nombreux cadres d'entreprises ont délibérément diversifié la production en se lançant dans des secteurs autres que celui qui a traditionnellement fait la force de l'entreprise. Ils espéraient ainsi obtenir une plus grande stabilité, et donc plus de latitude dans le choix des stratégies.

Les marchés des produits

Le marché des produits exerce son effet principalement par l'intermédiaire des activités d'un petit nombre de concurrents importants. La « part du marché » ou le « rang de l'entreprise dans l'industrie » sont des critères dont se servent les cadres pour évaluer la réussite même lorsqu'il est difficile d'expliquer le lien entre ces mesures et la rentabilité par les économies d'échelle ou autres avantages que procure l'échelle de production. D'après Buzzell, Gale et Sultan (1975), la part du marché est un critère de réussite particulièrement important sur les marchés de biens de production. Ce principe est d'autant plus vrai lorsque les acheteurs sont peu nombreux et les achats peu fréquents, ce qui est clairement le cas sur le marché des réacteurs nucléaires.

L'organisation

Enfin, l'organisation est un élément qui restreint la latitude des cadres supérieurs parce qu'il est nécessaire, pour la stabilité de l'organisation, de garder ses spécialistes et ses cadres hautement qualifiés. Plus le niveau hiérarchique d'un employé est bas, plus sa mobilité est grande. L'ancienneté fait croître la valeur d'un employé pour l'entreprise, mais réduit sa valeur sur le marché du travail, parce que les connaissances et aptitudes de l'employé qui sont propres à l'entreprise en viennent à surpasser sa compétence générale. Les cadres supérieurs s'efforcent donc d'assurer la croissance de l'entreprise pour pouvoir offrir des possibilités d'avancement ou pour raffermir la fidélité envers l'entreprise.

Les services de recherche posent un problème de gestion particulièrement difficile. Les études abondent en exemples de divergences entre la mentalité des chercheurs et celle des autres employés de l'entreprise. Jauch (1983, p. 20) affirme que les chercheurs sont indépendants et capricieux, un peu comme les universitaires; l'utilité de leurs travaux et le temps nécessaire à les accomplir sont difficiles à établir.

Cette remarque est particulièrement pertinente dans le cas de l'EACL puisque certains estiment qu'avant 1978, la société affichait les caractéristiques d'une division de recherche appliquée dans une grande entreprise. Comme nous l'avons déjà signalé, depuis les premières années, les possibilités de vente ont été exploitées non pas comme une fin en elles-mêmes, mais comme un moyen de

financer des recherches plus poussées en physique et technique nucléaires. D'après Sims (1979, p. 40), M. MacKenzie croyait fermement que l'EACL devait avoir pour premier président un ancien chercheur.

La motivation des cadres

Dans le secteur privé, les cadres supérieurs n'ont presque plus de préoccupations financières. Une fois qu'ils ont atteint le sommet hiérarchique de l'entreprise, ils sont riches. Toutefois, leur richesse n'est pas assez diversifiée. Une part disproportionnée de leur richesse est immobilisée dans les capitaux propres de leur entreprise, de sorte que même si les cadres supérieurs sont riches, leur comportement est déterminé par les régimes de rémunération des cadres supérieurs. D'après les résultats d'une étude récente, Jensen et Zimmerman, ed. (1985) ont découvert que les régimes de rémunération des cadres supérieurs contribuent à faire concorder les intérêts des cadres et ceux des actionnaires. D'après les résultats, 1) il existe un lien positif entre la rémunération des cadres supérieurs et l'évolution du prix des actions; 2) il existe un lien entre le rendement médiocre de l'entreprise et le roulement plus élevé des cadres supérieurs; 3) les cadres choisissent les méthodes de comptabilité d'exercice pour accroître la valeur de leurs primes; 4) l'adoption de nouveaux régimes de rémunération à court et à long terme des cadres supérieurs et l'offre de conditions avantageuses de mise à la retraite contribuent à faire croître le prix des actions; et 5) les cadres qui détiennent une grande part des actions de l'entreprise ont moins tendance à présenter des offres de fusion qui abaissent la valeur de leurs actions.

Dans l'échantillon de 12 entreprises qui font partie des 500 plus grandes entreprises répertoriées par Fortune et qui ont été étudiées par Donaldson et Lorsch (1983), les 12 directeurs généraux avaient un âge moyen de 60 ans. En 1978, la moyenne de leurs traitements était de 326 000 $ et chacun d'eux détenait une part considérable des actions de l'entreprise, la valeur de leur part variant entre 300 000 $ et 500 millions de dollars. Dans le même échantillon d'entreprises, les données pour les cadres supérieurs autres que les directeurs généraux étaient légèrement inférieures : ils avaient en moyenne 56 ans, 26 ans d'ancienneté, un traitement moyen de 204 000 $, et ils détenaient des actions d'une valeur totale moyenne de 780 000 $. La valeur de leur part des actions de l'entreprise variait de 90 000 $ à 5,4 millions de dollars.

Ces données dégagées pour l'échantillon de 12 entreprises sont comparables à celles que révèlent l'examen des 500 entreprises. Cela laisse supposer que la connaissance des particularités d'une entreprise est d'une telle importance pour les cadres supérieurs qu'il est rare qu'ils soient recrutés à l'extérieur de l'organisation. Les cadres supérieurs sont le produit des entreprises qui les ont formés. Malheureusement, Donaldson et Lorsch n'ont pas analysé les aptitudes fonctionnelles dont sont dotés les cadres supérieurs lors de leur entrée en fonction, ce qui nous renseignerait sur les activités qui produisent les meilleurs stratèges. Dans le cas de l'EACL, les intérêts des cadres supérieurs ne sont pas liés à l'entreprise de la manière que nous venons de décrire. En 1982, les cadres supérieurs de l'EACL ont gagné globalement 955 167 $, comparativement à 746 700 $ en 1981. Ces traitements ne sont guère comparables au salaire de 200 000 $ (dollars américains) qu'ont perçu en 1978 les cadres exerçant des fonctions semblables dans les 500 plus grandes entreprises américaines répertoriées dans Fortune. Il va sans dire que les cadres supérieurs de l'EACL ne détiennent aucune part de son actif.

Les mesures prises par les cadres supérieurs pour s'acquitter des différentes responsabilités qui leur incombent sont déterminées par la part des capitaux propres de l'entreprise qu'ils détiennent, leurs liens d'affinité avec l'entreprise et le processus de sélection qui les ont portés au sommet de la hiérarchie. La menace de fusion ou de querelle de mandataires semble, au plus, inculquer une discipline aux cadres des grandes entreprises. La possibilité que le contrôle soit soustrait à un groupe de cadres et confié à un autre peut être une incitation au rendement, mais Donaldson et Lorsch croient que les cadres supérieurs sont motivés par d'autres facteurs. Par ailleurs, les cadres supérieurs sont peu nombreux; c'est pourquoi les entreprises veillent à bien récompenser les cadres qui ont atteint le sommet de la hiérarchie, pour s'assurer leur allégeance. Certains auteurs prétendent que les actionnaires sont protégés contre la paresse des cadres par l'existence d'un marché concurrentiel des cadres supérieurs. Donaldson et Lorsch ont constaté que les mécanismes d'avancement sont à ce point efficaces que le congédiement et le recrutement de cadres supérieurs sont un phénomène très rare.

Donaldson et Lorsch prétendent également que les cadres supérieurs sont fortement incités à bien s'acquitter de leurs fonctions par le désir d'être à la hauteur de leurs collègues et de conserver leur autonomie. La capacité de peser leurs différents intérêts se perd lorsque les revenus fléchissent.

En conclusion, les cadres supérieurs ont pour rôle d'acquérir une certaine autonomie leur permettant d'élaborer et d'exécuter les stratégies. Si l'un des éléments de l'entreprise acquiert pour eux une trop grande importance, il leur sera peut-être impossible de réorienter l'entreprise lorsqu'ils finissent par s'apercevoir que la voie

actuelle mène droit à la catastrophe. Lorsque ces principes sont appliqués à l'EACL, il ne semblerait pas que les cadres supérieurs aient l'indépendance nécessaire pour formuler et appliquer des stratégies. L'EACL subit l'effet déterminant des trois éléments constituants de son activité : le marché financier représenté par le gouvernement du Canada, le marché des produits constitué par l'entreprise associée, Hydro-Ontario, et par ses concurrents, notamment Westinghouse et Framatome, et enfin, son organisation composée en grande partie d'employés affectés à la recherche et au développement. En outre, les cadres supérieurs de l'EACL ne reçoivent pas de traitements ni d'incitations comparables à ceux des cadres d'entreprises privées qui s'acquittent de responsabilités semblables touchant l'élaboration et l'exécution des stratégies de l'entreprise.

L'EACL et le marché financier

L'aide financière du gouvernement fédéral

Le gouvernement du Canada joue le rôle de marché financier de l'EACL. Les sources externes de financement de l'EACL sont déterminées par les hommes politiques et les fonctionnaires. Le gouvernement du Canada a investi des sommes considérables. Le tableau 4-1 tiré d'une étude de Palda (1984) révèle l'importance de l'aide financière accordée à la recherche appliquée seulement. Si le gouvernement n'« achetait » pas de l'EACL des services de R-D, le bilan de l'entreprise serait très sombre. Toutefois, ce petit exercice de camouflage est utile dans la mesure où il fournit une indication du rendement des opérations courantes. En outre, le gouvernement finance l'exploitation continue du réacteur prototype et a radié la dette et les intérêts des diverses centrales et installations de production d'eau lourde qui, tant au point de vue technique que commercial, sont un échec total. Jusqu'à ce qu'il mette fin en mars 1985 à la production d'eau lourde en Nouvelle-Écosse, le gouvernement avait financé la production et l'entreposage de l'eau lourde, activités que l'EACL voulait cesser depuis un certain temps. Étant donné que les quantités d'eau lourde entreposées représentent 10 années d'approvisionnements sans débouchés en perspective, il y a lieu d'admirer l'influence politique en vertu de laquelle il a été possible, pour conserver quelques emplois dans une circonscription donnée, de justifier le versement annuel de centaines de millions de dollars durant de nombreuses années (surtout pour payer des facteurs de production d'énergie eux-mêmes subventionnés), même si le gaspillage doit être déploré. En 1982 seulement, le gouvernement du Canada a avancé environ 284 millions de dollars à l'EACL, sans perspective réaliste de tirer un profit de son investissement. Du montant total, 138 millions de dollars étaient destinés à respecter des anciens engagements comme l'entretien de Gentilly I et le réacteur de Douglas Point, de même que la production continue d'eau lourde. Cet investissement s'ajoutait aux 750 millions de dollars dépensés pour construire une usine d'eau lourde que le gouvernement a radié en 1971. Palda estime que le gouvernement fédéral a investi, depuis 1982, environ 6 milliards de dollars de 1981, dont les deux tiers ont financé la R-D, le reste ayant servi à payer pour les réacteurs prototypes et les usines d'eau lourde. Les estimations de Palda font délibérément abstraction du coût d'option des sommes avancées. Si l'on suppose que ce coût d'option correspond à un taux de rendement réel de 7,5 %, le coût actuel des sommes investies du Canada est très considérable, soit plus de 14,2 milliards de dollars (en dollars de 1981) jusqu'en 1981 pour la R-D seulement.

Même si les montants sont énormes, il y a néanmoins sous-estimation du coût total supporté par le gouvernement fédéral. Les prêts consentis aux entreprises provinciales de services publics sont assortis de faibles taux d'intérêt, tandis que les ventes à l'étranger sont subventionnées en vertu d'ententes de financement des exportations.

Contrairement aux stratèges des sociétés étudiées par Donaldson et Lorsch et au nombre des 500 entreprises répertoriées par Fortune, qui tiennent en main le financement, les cadres supérieurs de l'EACL sont sous l'empire d'un marché financier externe. Pour cette raison, ils ont moins de latitude pour choisir les stratégies et sont prédisposés à être, selon Miles et Snow (1978), des « réactifs ».

Le déplacement de l'autorité vers le gouvernement

Étant donné les conditions qui viennent d'être exposées, la compétence en matière d'élaboration des stratégies ne peut résider dans l'entreprise. Le gouvernement détient l'autorité à cet égard et cette influence s'exercera plus que toute autre chose sur les stratégies. Si, comme le prétendent Donaldson et Lorsch, l'élaboration et l'exécution des stratégies supposent nécessairement la permanence et la cohésion de ceux qui en sont chargés, de même qu'un profond engagement continu et une forte centralisation de l'autorité, il n'est pas raisonnable de s'attendre à ce que le gouvernement, en qualité de source externe de financement, joue un rôle de premier plan dans la conception des stratégies. D'après Tavel (1975), ce qui fait la valeur d'un processus de planification structuré, c'est l'inspiration qui anime celui qui le conçoit et sans laquelle la planification est rarement créative.

Tableau 4-1

Dépenses du gouvernement fédéral pour le financement des travaux de recherche appliquée relatifs à l'énergie nucléaire, Canada, 1947-1982

Dépenses en dollars courants et en dollars de 1981
financées par des crédits budgétaires
En millions de dollars

	R-D EACL	Recherche CCEA	Réacteur NRU et installations de Chalk River	Dépenses totales en R-D (En dollars courants)	Dépenses totales en R-D (En dollars de 1981)[5]
1981-1982	145,715	–	–	145,715	145,715
1980-1981	123,119	–	–	123,119	136,660
1979-1980	114,654	–	–	114,654	140,680
1978-1979	119,120	–	–	119,120	161,230
1977-1978	128,490[1]	–	–	128,490	184,865
1976-1977	110,058[2]	–	–	110,058	169,295
1975-1976	93,576	11,346	–	104,922	177,083
1974-1975	85,921	10,375	–	96,296	179,871
1973-1974	87,918	7,245	–	95,163	204,898
1972-1973	78,206	7,896	–	86,102	202,335
1971-1972	77,048	11,720	–	88,768	219,035
1970-1971	68,942	7,100	–	76,088	193,768
1969-1970	69,000	5,400	–	74,400	198,250
1968-1969	68,600	3,959	–	71,195	198,041
1967-1968	66,500	2,500	–	69,000	198,189
1966-1967	57,983	2,000	–	59,983	178,721
1965-1966	52,667	1,600	–	54,267	169,293
1964-1965	45,158	1,250	–	46,408	149,491
1963-1964	44,924[3]	0,900	–13,761	32,063	105,757
1962-1963	37,062	0,770	–	37,832	127,175
1961-1962	33,933	0,700	–	34,633	118,144
1960-1961	38,218	0,650	–	38,828	132,875
1959-1960	29,408	0,650	1,098	31,156	107,973
1958-1959	25,684	0,400	4,714	30,798	108,866
1957-1958	21,131	0,400	8,863	30,394	108,929
1956-1957	21,544	0,300	11,001	32,845	120,241
1955-1956	18,626	0,300	12,554	32,886	124,840
1954-1955	14,645	0,300	6,967	20,506	78,326
1953-1954	12,360	0,300	4,009	16,669	41,131
1952-1953	12,610	0,300	4,794[4]	17,704	68,579
1951-1952	12,076	0,200	–	12,276	49,656
1950-1951	7,177	0,150	–	7,327	32,990
1949-1950	6,618	0,150	–	6,768	31,440
1948-1949	5,747	0,143	–	5,890	28,327
1947-1948	5,573	0,150	–	5,723	30,893
Dépenses totales de R-D, 1947-1982					4 683,396

1 Exclut la dépense budgétaire de 87 571 millions de dollars correspondant à la radiation de la dette relative à Gentilly I.
2 Exclut la dépense budgétaire de 85 491 millions de dollars correspondant à la renonciation aux intérêts pour les réacteurs de Gentilly I et de Douglas Point.
3 Exclut la dépense budgétaire de 25 239 millions de dollars correspondant à la radiation de la dette relative au réacteur NRU.
4 Poste hors caisse : valeur de l'actif du projet de Chalk River au 31 mars 1952, année de création de l'EACL.
5 Indice des prix de la DNB (1971 = 100), années financières du 31 mars 1977 au 31 mars 1982; indice de 1981, 246,75.
SOURCE Palda (1984), pp. 105-106.

Il va sans dire que le gouvernement ne peut assurer la permanence et la cohésion nécessaires à cette activité. Les responsabilités sont partagées entre différents ministères et l'intérêt des hommes politiques varie. Les sous-ministres qui sont membres du conseil d'administration de l'EACL ne sont pas présents à toutes les réunions et lorsqu'ils y assistent, leur préparation se résume à des renseignements fournis à la hâte par des fonctionnaires subalternes.

Des cadres supérieurs en poste en 1984, seul A. J. Mooradian, vice-président général, avait les années de service à l'EACL que Donaldson et Lorsch estiment être la marque d'une bonne gestion de l'entreprise. Sans exagération, on peut affirmer que la plupart des cadres supérieurs qui dirigent actuellement l'EACL sont entrés en fonction depuis 1978.

L'organisation de l'EACL

Toutes les personnes consultées affirment que la société a évolué depuis 1978. Jusqu'alors, elle était le reflet de ses origines, soit un laboratoire de R-D du gouvernement. La commercialisation a toujours été considérée comme une fonction accessoire à l'activité principale, la recherche en physique et en technique nucléaires.

Reste à savoir s'il est possible de greffer de manière efficace une orientation commerciale à une organisation de R-D ayant 30 ans de succès mesuré selon ses normes internes.

La gestion de systèmes techniques complexes

La gestion de vastes systèmes techniques complexes a fait l'objet de nombreuses études. Sayles et Chandler (1971) ont effectué une analyse approfondie, sur trois ans, de la NASA et du programme d'énergie atomique des États-Unis. Ce qui étonne le plus dans ces études, c'est l'effort de gestion considérable qui doit être déployé, même en l'absence d'une vocation commerciale. Les échecs sont nombreux, et les réussites, franchement surprenantes. Depuis que l'auteur a lu le rapport, chaque lancement d'un véhicule spatial par la NASA suscite chez lui de l'appréhension. (Cette dernière phrase est tirée d'une version antérieure rédigée avant l'accident du Challenger; l'auteur a choisi de la laisser dans la version finale pour produire un effet.) Dès 1971, Sayles et Chandler ont observé que les échecs étaient courants dans le cas des programmes militaires américains, mais aussi dans la mise au point de trains à très grande vitesse, la fabrication de cuves de réacteur à haute pression et d'eau lourde et des projets d'électronique et de construction de pointe (p. 4).

D'après Sayles et Chandler, la gestion de vastes systèmes de développement diffère de celle d'entreprises commerciales classiques. Depuis toujours, les cadres ont appris à définir les buts ultimes, à fixer des objectifs qui permettront d'atteindre ces buts et à élaborer des plans opérationnels. Malheureusement, ce processus logique et rassurant est perturbé par la réalité des vastes systèmes. Des objectifs bien définis masquent fréquemment des motivations incompatibles qui traduisent les vues divergentes de groupes d'une coalition provisoire. Souvent les techniques opérationnelles courantes imposent des objectifs qu'elles permettent d'atteindre, plutôt que l'inverse. La planification devient alors un processus itératif dynamique, ce qui mène inévitablement à un affaiblissement de l'autorité puisqu'un petit groupe de planificateurs qualifiés supérieurs ne peuvent définir la stratégie (p. 4). Dans le cas du projet de développement CANDU, les éloges que s'empressent de formuler ceux qui y ont participé semblent justifiés. L'évolution du projet a été jalonnée de nombreuses difficultés, mais le projet est le seul d'un grand nombre à avoir survécu ne serait-ce qu'à une petite échelle, la filière CANDU étant l'unique concurrent du réacteur à eau légère sous pression subventionné par les États-Unis.

L'attention insuffisante accordée à l'eau lourde

Le plus grand défaut du programme est l'attitude presque cavalière qui semble avoir été adoptée à propos de l'approvisionnement en eau lourde et de la facilité de produire cet élément essentiel. (Voir le tableau 4-2 où sont énumérées les installations d'eau lourde.) Il est presque certain que les problèmes liés à la production de l'eau lourde et l'incertitude au sujet de son prix ont nui à la commercialisation de la filière CANDU à diverses occasions importantes. Ces facteurs ont beaucoup influé sur la décision de la Grande-Bretagne de préférer la filière à eau légère au réacteur CANDU.

La négligence témoignée à l'égard de la production d'eau lourde est moins étonnante si l'on considère que l'EACL a pour mandat l'avancement de la technologie nucléaire. En rétrospective et avec un certain recul, les cadres de l'EACL qui étaient en fonction durant les années 60 peuvent être exonérés de tout blâme si l'on prend pour acquis que leur attention était centrée sur l'entreprise et que leur mandat les obligeait à se concentrer sur le développement de la filière CANDU, un peu comme la NASA s'est appliquée à mettre un homme sur la lune.

Tableau 4-2

Capacité de production d'eau lourde au Canada
En tonnes/année

	Capacité normale	Situation
Usines :		
Hydro-Ontario		
Bruce HWP-A	800	– en exploitation
Bruce HWP-B	800	– en exploitation
Bruce HWP-C	(800)	– abandon au stade de la planification
Bruce HWP-D	(800)	– exploitation mise en veilleuse (1/2) – construction retardée (1/2)
EACL		
Glace Bay HWP (N.-É.)	400	– en exploitation
Port Hawkesbury (N.-É.)	400	– en exploitation
La Prade (Québec)	(800)	– mise en veilleuse avant l'achèvement

SOURCE Canada, ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (1982), p. 14.

L'EACL ne perçoit pas ainsi historiquement. À son avis, les efforts de l'entreprise étaient stimulés par la commercialisation plutôt que par le développement de la technologie. Dans un mémoire officiel, il a été affirmé que les programmes et calendriers de R-D étaient établis en fonction des exigences de la mission AECL (Robertson, 1984). Ce fut peut-être le cas, mais le choix de mission ne semble guère avoir retenu l'attention. Du mois de février 1959 au milieu des années 70, la mission semble avoir consisté à développer la technologie CANDU en collaboration avec Hydro-Ontario. Ce n'est que depuis les 10 dernières années que l'EACL s'est tournée vers le marché international sur lequel l'ont devancée d'autres entreprises. L'effort de commercialisation a manqué à ce point d'énergie qu'il y a lieu de se demander dans quelle mesure les cadres supérieurs, en s'acquittant de leur tâche, n'ont fait que réagir aux pressions exercées par le gouvernement et les fabricants de systèmes pour la filière CANDU.

Bref, les cadres supérieurs considéraient que la commercialisation était une activité accessoire, bien que nécessaire, pour fournir certains débouchés aux fabricants et de faibles possibilités de rendement aux contribuables.

En 1976, il est devenu évident que l'Ontario ne commanderait pas beaucoup de réacteurs. Jusqu'en 1974, toutefois, la demande d'électricité croissait à un taux annuel de 7 %, de sorte que si la filière CANDU permettait de remplacer le charbon en Ontario seulement, les perspectives futures semblaient assez prometteuses pour justifier une industrie suffisamment importante pour répondre uniquement à la demande canadienne.

Sims accorde une grande importance au « syndrome » de recherche qui amène l'entreprise à croire que ses employés doués peuvent apporter une solution à tout problème technique. Il peut avoir raison, mais c'est précisément ce « talent audacieux » qui est nécessaire de promouvoir dans un projet orienté vers le développement. Les cadres supérieurs sont restés fidèles à l'organisation; c'eût été courir au désastre à l'intérieur de ses propres frontières que d'agir autrement en rêvant de faire une percée sur le marché international, rêve qui aurait pu ne jamais se réaliser.

Les changements survenus à l'EACL depuis 1978

Depuis 1978, le président de l'EACL, James Donnelly, a modifié la politique de gestion de la société pour mettre davantage l'accent sur la commercialisation. Dans les critères de sélection des futurs cadres (ligne directrice 20102 adoptée en mai 1984, p. 13), l'aptitude à la commercialisation est la première d'une longue liste de qualités requises de la part des cadres. Viennent ensuite les aptitudes générales à la gestion (aptitudes de chef de file et adresse dans les relations humaines); un bon esprit d'équipe; une bonne interprétation des phénomènes externes; un esprit de synthèse couplé à un sens de la stratégie; une capacité d'entreprise; l'adaptabilité; et, en dernier lieu, les aptitudes généralement associées à la profession et à la gestion. On accorde beaucoup d'importance à ce que les cadres assurent l'avancement des subalternes prometteurs. Bien sûr, toute organisation a une politique de ressources humaines implicite qui peut être compatible avec la structure établie. Néanmoins, les personnes consultées par l'auteur confirment que la vocation commerciale a l'appui total des cadres supérieurs, même si elle soulève une certaine opposition parmi les subalternes. Les employés de l'EACL semblent apprécier la grande compétence en gestion de James Donnelly, mais celui-ci ne semble pas inspirer le même respect que ses prédécesseurs. Cela reflète probablement la saine tension que suscite toute tentative de modifier la culture et les tendances d'une organisation.

Le programme d'incitation au rendement des cadres supérieurs témoigne d'une préoccupation semblable à l'égard du rendement net. La prime habituelle correspond à 15 % du traitement annuel. Elle peut être refusée ou

majorée, selon la performance de l'entreprise et la cote de rendement du cadre supérieur. Bien que la prime ne représente pas un montant considérable, compte tenu du niveau relativement faible des traitements des cadres supérieurs, elle témoigne néanmoins de la grande importance accordée au rendement.

Les traitements des cadres supérieurs de l'EACL ne sont pas aussi élevés que ceux des cadres des 500 entreprises répertoriées par Fortune mais, d'après les données recueillies par Hays and Associates, ils correspondent aux traitements que reçoivent les cadres supérieurs de certaines sociétés canadiennes de technogénie. Ce que l'auteur en déduit n'est peut-être qu'une hypothèse mais il se pourrait bien que la rémunération des cadres supérieurs de filiales canadiennes de grandes sociétés américaines est ainsi fixée parce que l'on ne s'attend pas à ce qu'ils jouent un rôle de premier plan dans l'administration de la stratégie. Il leur reste encore beaucoup à faire avant d'avoir accès au centre du pouvoir de leur organisation et leur traitement traduit le fait que l'on attend moins d'eux. Les cadres supérieurs de l'EACL se trouvent peut-être aussi dans la même situation puisque l'EACL est une société appartenant au gouvernement du Canada. Malheureusement, quelle que soit l'importance d'expertise en administration des stratégies du bassin dans la fonction publique fédérale, cette expertise est orientée vers d'autres secteurs.

Quoi qu'il en soit, l'année 1978 a été le tournant de l'évolution de l'EACL. Avant 1978, les traitements des cadres supérieurs correspondaient aux taux de salaire en vigueur dans la fonction publique et les vice-présidents étaient rémunérés à un taux équivalant à celui des sous-ministres adjoints. Étant donné le faible écart entre les salaires dans la fonction publique, il ne devait pas y avoir de grande différence entre les salaires des ingénieurs au premier palier et les traitements des cadres supérieurs. Ainsi, comme c'est le cas dans les universités, il y avait une forte incitation à rester subalternes et à éviter l'avancement.

Les difficultés survenues au milieu des années 70 ont incité le Conseil à repenser la politique salariale et à recruter un président à l'extérieur de la fonction publique. Le nouveau président, James Donnelly, a acquis de l'expérience dans la gestion de projets d'envergure internationale, notamment dans l'industrie des pâtes et papiers, et auprès de la General Electric (Royaume-Uni) où il a été responsable de projet dans l'industrie nucléaire britannique. Le vice-président exécutif a travaillé pour Control Data. En plus de majorer les traitements de ses cadres supérieurs, l'EACL a pris des mesures pour raffermir ses compétences en gestion de projets. Des techniques commerciales ont été adoptées et assorties de primes importantes au rendement. À l'heure actuelle, l'EACL détient 13 % d'une nouvelle entreprise de gestion de projets appelée « Nuclear Project Managers » qui fournit des services contractuels de gestion de projets. De toute évidence, les lacunes de l'EACL en matière de gestion de projets ont nui à sa réputation, dans le passé, en Argentine et dans le cas de projets canadiens. De l'avis de nombreux analystes, le problème était attribuable en partie au cloisonnement des attributions en matière de gestion de la construction et de conception des différentes composantes des centrales.

Bien que les salaires ne soient plus alignés sur ceux du secteur public, ils ont néanmoins été assujettis à la *Loi sur les restrictions salariales du secteur public* (programme des 6 et 5 %) puisque l'EACL est une société d'État et, ces dernières années, cette loi a entravé l'application du programme de rémunération des cadres supérieurs décrit précédemment.

La dimension la plus notable de la réorientation de la politique est l'importance accordée aux équipes de création de débouchés commerciaux, un service interne de stratégie commerciale chargé de stimuler la commercialisation des vastes compétences du personnel, notamment celui de la Société de recherche de l'EACL.

Aucune information n'a été recueillie sur le succès de ces équipes ni sur les primes versées aux entrepreneurs internes qui réussissent. Toutefois, les cadres supérieurs semblent nettement d'avis que ces équipes sont des mécanismes d'avancement rapide pour les employés dynamiques et doués.

Il n'y a aucun doute que l'EACL insiste sur la mise en valeur des ressources existantes par de multiples moyens à portée limitée, plutôt que d'attendre que se matérialisent de nombreuses commandes de réacteurs CANDU.

Une des difficultés qui se posent pour l'EACL est rattachée au fait que l'esprit d'entreprise est une caractéristique habituellement associée aux jeunes. La plupart des activités nouvelles d'une société sont lancées par des employés de moins de 30 ans. Or, le personnel de la Société de recherche de l'EACL vieillit. Il n'y a pas eu de renouvellement des effectifs de la Société durant la dernière décennie et elle embauche moins de nouveaux diplômés qu'auparavant.

Bref, avant 1978, l'organisation de l'EACL était axée sur la R-D plutôt que sur la commercialisation. Les cadres

n'accordaient pas d'importance aux bénéfices et la formation en gestion et en commercialisation était inexistante. L'activité de l'EACL semble avoir été déterminée par sa mission mais la stratégie implicite adoptée par cette société touchant les opérations commerciales était mal adaptée à la conjoncture de l'époque. Plutôt, cette stratégie n'était pas bien définie et de nombreux observateurs de l'extérieur, notamment le gouvernement, peuvent avoir eu une conception toute autre de l'objectif visé par l'EACL.

Depuis 1978, l'EACL a reconnu le besoin de se réorganiser pour pouvoir traverser la période de restriction de l'aide gouvernementale à la R-D et de diminution, voire d'absence, de nouvelles commandes de réacteurs CANDU. Il faudra attendre pour voir si l'EACL survivra à cette période de vaches maigres, mais l'observateur occasionnel garde l'impression qu'on ne néglige aucune des avenues menant au changement. Quoi qu'il en soit, la réussite de la restructuration sera vaine si les cadres supérieurs ne marquent pas d'importants progrès sur le marché des produits de l'entreprise.

Le marché des produits

La diversification

Les cadres de l'EACL n'ont jamais été et ne sont toujours pas assez affranchis des forces externes pour pouvoir manœuvrer habilement sur le marché. D'abord, l'EACL ne peut vraisemblablement pas envisager de se lancer dans des activités ne relevant pas des pouvoirs confiés au ministre de l'Énergie, des mines et des ressources en vertu du paragraphe 10(1) de la *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique*, ce qui limite les possibilités de diversification pouvant contribuer à réduire les risques. Depuis ses débuts, l'EACL s'est occupée de la commercialisation du cobalt et d'autres isotopes servant aux irradiations thérapeutiques. Malheureusement, et comme on pouvait s'y attendre, les profits de cette activité n'ont été qu'une source irrégulière de financement des activités principales de l'entreprise puisque de nouveaux arrivants ont mis au point d'autres technologies et ont réussi à miner la prédominance de l'EACL sur le marché. Sims (1981) examine la réaction de l'EACL à cette situation, mais cet aspect ne présente qu'un intérêt secondaire dans la présente étude.

Compte tenu des possibilités restreintes de diversification, les cadres de l'EACL sont forcément devenus prisonniers du marché des réacteurs nucléaires. Au cours des années 50, il n'existait au Canada que deux entreprises de services publics de taille assez grande pour être des acheteurs éventuels de réacteurs de l'EACL. L'une d'entre elles, Hydro-Québec, a entrepris des projets d'envergure pour mettre en valeur des ressources hydro-électriques à l'époque même où l'on proclamait que l'énergie nucléaire allait bientôt permettre de produire de l'électricité et d'éliminer le besoin de compteurs. Hydro-Ontario est donc devenue l'unique grand acheteur. Depuis, l'EACL a vendu un autre réacteur au Nouveau-Brunswick. À l'heure actuelle, il semblerait exister des débouchés au Québec et de vagues possibilités que l'EACL installe un ou deux réacteurs en Colombie-Britannique et un autre dans les Maritimes.

L'intégration

L'EACL est presque la seule entreprise du monde à vendre des réacteurs nucléaires sans être pour autant un établissement de fabrication intégré. L'intégration des fabricants de composants nucléaires, de la conception (en amont) jusqu'à la commercialisation (en aval), a été fortement recommandée par Lortie et Schweitzer (1981) dans un rapport préparé par Secor Inc. à la demande de sociétés privées de génie et de fabrication œuvrant dans le secteur. Il est peu probable que la concurrence du secteur privé ne devienne une menace pour l'EACL parce que les perspectives immédiates sont à ce point réduites qu'aucune entreprise privée ne voudrait courir le risque à elle seule. Au pis aller, les pressions des fabricants sur le gouvernement peuvent mener à réduire davantage l'autonomie de l'EACL en l'obligeant à accepter la formule de la coentreprise.

Au Canada, l'EACL doit affronter de puissants acheteurs indépendants (Hydro-Ontario a à toutes fins utiles opéré l'intégration en amont de toutes les étapes de conception et de construction d'un réacteur nucléaire, à l'exception de la recherche), de même que des fournisseurs dont l'influence encore faible, pourrait devenir déterminante. À l'étranger, l'EACL doit soutenir la vive concurrence sur les marchés libres alors que d'autres sont fermés aux producteurs étrangers. Même le marché canadien ne lui est pas acquis. Si une entreprise provinciale décidait d'utiliser un réacteur à eau légère de fabrication américaine pour fournir de l'électricité, il s'ensuivrait un affrontement politique et il n'est pas certain que l'EACL et les fournisseurs canadiens en sortiraient vainqueurs. Placés en position désavantageuse, les cadres de l'EACL sont donc pris entre deux feux, ne disposant que d'une marge de manœuvre très réduite (M. Porter, 1982, p. 41).

La stratégie visant le marché des produits

Pour élaborer une stratégie donnée axée sur le marché des produits, les cadres d'une entreprise doivent d'abord répondre à deux questions simples qui sous-tendent toute bonne stratégie commerciale.

1 Quel produit avons-nous à vendre et qui voudrait l'acheter ?

2 Qui sont nos concurrents réels ou éventuels, et quelle part du marché occupent-ils ?

Ces questions, pourtant assez simples, on oublie souvent de se les poser ou on les juge trop souvent pour évidentes.

Il y a quelques années encore, il n'y avait pas assez d'information pour pouvoir déterminer la nature du marché des réacteurs nucléaires, de sorte que personne n'était en mesure de répondre aux deux questions précédentes. Les stratèges en étaient réduits à des conjectures qui n'étaient guère plus que des coups à l'aveuglette. Les premiers à s'attaquer au problème ont été deux entreprises américaines; les grandes lignes de leurs stratégies commerciales comparées à celles du programme nucléaire français, constituent un bon point de départ pour l'analyse de l'industrie nucléaire canadienne. En dépit du fait que, d'après Bupp et Derian (1978), le programme nucléaire des États-Unis soit celui dont l'échec fut le plus retentissant, cette industrie n'en demeure pas moins la plus importante et, pour cette raison, joue un rôle prédominant sur le marché mondial auquel participe l'EACL. Avant de passer à l'examen des programmes nucléaires à l'étranger, il convient d'abord de faire un tour d'horizon des différentes stratégies que peuvent adopter les producteurs de l'industrie nucléaire.

La détermination de la stratégie : production à coûts plus avantageux, production différenciée, production orientée

L'entreprise qui est en solide position stratégique est celle qui a réussi à se faire reconnaître à l'un des trois points de vue :

- pour sa capacité de faire prévaloir des coûts plus avantageux de façon générale;
- pour sa production différenciée; et
- pour sa production orientée.

Une stratégie tournée vers la production à meilleurs coûts peut amener une entreprise à étendre ses activités à l'échelle mondiale. Dans les secteurs industriels où il est possible de faire d'importantes économies d'échelle, de rétablir la normalisation ou de réaliser des économies rapides grâce aux connaissances et à l'expérience acquises, l'industrie acquiert une envergure *mondiale*. L'entreprise dont les coûts de production sont les plus faibles sera celle qui réussit à adopter une échelle que nulle autre entreprise ne peut imiter. Lorsqu'une technologie est nouvelle, de nombreuses entreprises peuvent tenter de dominer le marché mondial, mais seulement quelques-unes réussissent à survivre lorsque, dans le cycle de production, le stade de plein développement est atteint. Les pays qui s'assurent un monopole intérieur par diverses mesures de protection peuvent réussir si leur marché est suffisamment vaste et s'ils peuvent bien soutenir la concurrence sur les marchés d'exportation. Si la protection est telle que les producteurs du pays sont incapables de vendre à l'étranger et d'y concurrencer d'autres fournisseurs, alors la stratégie échoue et la technologie du pays affiche inévitablement un retard de plus en plus grand.

La différenciation peut se manifester sous de nombreux aspects, y compris sur le plan de la perception de la qualité. Dans le cas des produits de marque, la différenciation est une stratégie qui permet à l'entreprise de se tailler un créneau sur le marché en lui donnant une place distincte dans l'esprit du consommateur. Pour les producteurs de biens industriels, notamment de produits de grande dimension qui se vendent de façon irrégulière, la stratégie de différenciation devient plus problématique, et les acheteurs peuvent être tout aussi avisés que les vendeurs. Toutefois, lorsqu'il existe peu d'information sur le rendement et la fiabilité d'un produit, les acheteurs, même les plus judicieux, auront tendance à étudier le marché pour renforcer leur analyse. Au lieu de se fier à leur propre jugement, les acheteurs auront une propension à se tourner vers le chef de file et à rechercher la sécurité qu'offre le partage des responsabilités. L'instinct grégaire, qui se manifeste probablement de façon plus forte chez les acheteurs placés dans un contexte bureaucratique, avantage l'entreprise dominante du secteur. Par ailleurs, la différenciation n'est pas bénéfique lorsqu'un fabricant à grande échelle et à faibles coûts peut acquérir une part importante du marché et ne peut être délogé par de plus petits producteurs. L'instinct de l'acheteur n'est pas non plus complètement illogique, puisque l'entreprise technologiquement dominante profitera vraisemblablement des efforts plus grands consacrés à la recherche appliquée et conservera probablement l'avance sur ses concurrentes.

La stratégie de production orientée suppose à la fois la spécialisation et un engagement à l'égard d'un segment particulier du marché. Lorsqu'un fabricant à grande échelle est contraint d'offrir un produit homogène, de réduire la qualité des services et de diluer ses efforts, une entreprise dont les coûts de production seraient plus élevés pourrait réussir à exploiter un segment rentable du marché.

L'industrie nucléaire des États-Unis et de la France

Les antécédents de l'industrie américaine

En 1951, à Shippingport (Pennsylvanie), Westinghouse a commencé à construire le premier réacteur devant servir à la production commerciale de l'électricité aux États-Unis. Le projet, auquel participait une entreprise de services publics et qui avait l'appui de l'Atomic Energy Commission des États-Unis, consistait à construire un petit réacteur de démonstration. Les commandes commencèrent sérieusement en 1955, mais la phase d'expansion de l'industrie s'est produite entre 1965 et 1968. Au tableau 4-3 sont indiquées toutes les commandes faites jusqu'en 1976.

D'après le tableau 4-3, il est clair que l'on ne connaissait presque rien de l'exploitation d'une grande centrale nucléaire lorsque les commandes ont commencé à affluer en 1968. En 1965, la capacité à l'échelle mondiale, détenue donc par des centrales dont la construction avait été commencée avant 1960, ne dépassait pas 902 MW.

L'avalanche de commandes a été déclenchée lorsque la General Electric (GE) a annoncé, en décembre 1963, le projet de construction d'un réacteur à eau légère de 515 MW à Oyster Creek pour le compte de la Jersey Central and Light Company, cette vente étant la première à se justifier pour des raisons économiques et non pas seulement pour des fins de développement. Selon les estimations, le coût en capital devait s'élever à 100 $/kW de capacité installée, et le facteur d'utilisation devait atteindre 88 % pendant la première moitié de la durée utile de 30 ans prévue pour le réacteur. D'après la Jersey Central and Light Company, le coût de l'électricité produite par la centrale nucléaire devait correspondre à celui d'une centrale thermique au charbon, le prix de ce dernier étant de 20 cents/MBtu. À l'époque, l'entreprise payait 29 cents/MBtu.

Tableau 4-3

Croissance de la capacité nucléaire aux États-Unis, 1955-1976

	Nombre initial	Annulations	Nombre final	Nombre	MW(e)	Nombre de réacteurs installés	MW(e)
1955	5	–	5	–	–	–	–
1956	2	–	2	–	–	–	–
1957	2	–	2	–	–	–	–
1958	3	–	3	–	–	–	–
1959	1	–	1	–	–	–	–
1960	–	–	–	1	200	1	200
1961	1	–	1	1	175	2	375
1962	1	–	1	1	265	3	640
1963	4	–	4	1	140	5	780
1964	–	–	–	3	50	8	830
1965	7	–	7	1	72	9	902
1966	21	–	21	1	90	10	992
1967	31	–	31	1	40	9	1 004
1968	16	–	16	2	1 025	10	2 007
1969	8	–	8	2	1 260	12	3 267
1970	15	1	14	3	1 796	15	5 036
1971	21	1	20	6	3 615	21	8 678
1972	38	5	33	8	5 673	29	14 351
1973	37	5	32	7	4 513	36	18 864
1974	33	11	22	11	9 527	46	28 351
1975	4	6	–2	10	8 837	56	37 188
1976	3	10	–7	3	2 627	59	39 815

SOURCE Montgomery et Quirk (1976).

Bupp et Derian (1978) font état des critiques portées sans ménagements de membres de l'industrie à l'égard d'un porte-parole de l'entreprise de services publics, Philip Sporn, qui doutait de ces données. Toutefois, même M. Sporn s'est limité à mettre l'accent sur les améliorations que l'on comptait apporter aux centrales thermiques à charbon ou au mazout, plutôt que de mettre en doute les assertions des vendeurs de réacteurs nucléaires.

En 1965, GE et Westinghouse avaient vendu huit réacteurs à un prix fixe en vertu de contrats clés en main (voir le tableau 4-4). En 1967, 75 réacteurs correspondant à une capacité totale de 45 000 MW avaient été commandés par des entreprises de services publics à quatre fabricants américains. Les projets clés en main ont été abandonnés après la vente du huitième réacteur; dorénavant, les risques seraient partagés entre les fabricants et les entreprises de services publics. La concurrence est néanmoins restée très vive et de nombreuses techniques de vente ont été utilisées pour stimuler la vente de réacteurs aux entreprises de services publics. Par exemple, Westinghouse a offert à ceux qui achèteraient un réacteur de les approvisionner en uranium à un prix fixe pour toute la durée de vie des installations. On connaît la suite (voir Joskow, 1977) : des poursuites ont été intentées parce que Westinghouse n'a pas respecté son engagement.

Le coût en capital, en dollars réels, des installations mises en service en 1975 était environ le triple de celui des centrales vendues en vertu de contrats clés en main (voir le tableau 4-5). Pour bon nombre de personnes, cet accroissement des coûts était attribuable à des projections erronées et à la vente à prix très réduits par GE et Westinghouse pour s'attirer une clientèle. Toutefois, Montgomery et Quirk (1976) ont conclu que l'accroissement résultait de la combinaison de deux phénomènes, soit l'engorgement de l'industrie nucléaire dont l'expansion avait été trop rapide et la réglementation qui a retardé la construction et fait grimper les coûts. L'engorgement a été le principal problème jusqu'en 1970 menant, après 1967, à une hausse annuelle de 30 % des coûts de main-d'œuvre et à une diminution de la productivité. Les coûts se sont accrus à un taux plus élevé que celui de l'inflation qui vers la fin des années 60, se maintenait à un niveau modeste.

Les très nombreuses commandes de réacteurs nucléaires passées par les entreprises de services publics résultent d'un choix délibéré. La demande d'électricité croissait de 7 % par année. Pour les entreprises de services publics, les réacteurs nucléaires étaient simplement un moyen de diversifier leurs sources de production d'électricité en pleine croissance. Étant assujetties à la réglementation, les entreprises de services publics étaient donc prédisposées à accepter des coûts en capital élevés, encouragées par un système dans lequel les hausses de tarifs étaient inévitablement consenties en fonction de l'augmentation de l'assiette des tarifs. Les centrales thermiques à charbon ou au mazout ont continué de se multiplier, mais les entreprises de services publics se sont gardé une porte de sortie advenant le cas où les espoirs engendrés par l'énergie nucléaire devenaient réalité. Parallèlement, de nouvelles lois régissant l'exploitation minière et la protection de l'environnement menaçaient de faire grimper le coût du charbon, ce qui s'est effectivement produit en 1969, bien avant les hausses de prix décrétées par l'OPEP. En outre, le gouvernement américain protégeait son industrie pétrolière, ce qui doublait le prix intérieur du pétrole par rapport au prix extérieur.

Tableau 4-4

Pertes estimées enregistrées pour des projets clés en main de réacteurs nucléaires[1]

En millions de dollars

	Coûts déclarés	Coûts estimés	Pertes estimées
General Electric			
Oyster Creek	91	170	79
Dresden 2, 3	230	413	183
Millstone	97	182	85
Quad Cities 1, 2	250	448	198
Monticello	105	168	63
Total partiel	773	1 381	608
Westinghouse			
San Onofre	97	131	34
Ginna	83	161	78
Robinson	78	179	101
Point Beach 1, 2	128	329	201
Connecticut Yankee	92	149	57
Total partiel	478	949	471
Total	1 251	2 330	1 079

1 Rapport de l'Atomic Energy Commission, n° 1345 WASH., octobre 1974, intitulé *Power Plant Capital Costs* et cité dans Montgomery et Quirk, 1976.

SOURCE Montgomery et Quirk (1976).

Tableau 4-5

Coûts en capital de réacteurs nucléaires mis en exploitation aux États-Unis, 1968-1974

		FPC[1]			AEC[2]		
		Coûts en capital			Coûts en capital		
		MW(e)	Total (en millions $)	Par kilowatt (en dollars)	MW(e)	Total (en millions $)	Par kilowatt (en dollars)
Moyenne annuelle :							
1968							
CM	Connecticut Yankee	600	91,8	153	575	95,0	165
CM	San Onofre	450	80,9	180	430	98,0	228
Moyenne		525		164	503		192
1969							
NCM	Nine-Mile Point	620	162,2	262	610	151,0	247
CM	Oyster Creek	550	89,9	163	530	83,0	157
Moyenne		585		215	570		205
1970							
CM	Dresden 2	810	92,3	114	809	94,0	116
CM	Ginna	517	83,2	161	420	65,0	155
CM	Millstone	662	96,8	146	652[3]	92,0[3]	141[3]
CM	Point Beach 1	524	74,0	141	497	61,0	123
Moyenne		628		138	575[3]		127
1971							
CM	Dresden 3	810	103,8	128	809	100,0	124
CM	Robinson 2	769	77,8	101	700	76,0	109
CM	Monticello	569	105,0	185	545	89,0	163
NCM	Palisades	812	146,7	181	700	118,0	169
Moyenne		740		146	681[3]		139[3]
1972							
CM	Point Beach 2	524	71,4	136	497	54,0	122
NCM	Vermont Yankee	514	172,0	335	514	154,0	300
NCM	Pilgrim	655	231,5	353	644	120,0	186
NCM	Surry 1	847	146,7	173	788	251,0	319
NCM	Turkey Point 3	760	108,7	143	693	119,9	159
CM	Quad Cities 1, 2	1 657	200,1	121	1 600	250,0	156
Moyenne		708		188	693		217
1973							
NCM	Surry 2	848	250,2	295	788	149,0	189
NCM	Turkey Point 4	760	122,5	161	693	106,0	153
NCM	Zion 1	1 089	276,0	251	1 050	262,0	249
NCM	Maine Yankee	830	219,2	264	790[3]	263,0[3]	333[3]
NCM	Prairie Island 1	593	233,2	393	530	200,0	377

Tableau 4-5 (fin)

		FPC[1]			AEC[2]		
		Coûts en capital			Coûts en capital		
		MW(e)	Total (en millions $)	Par kilowatt (en dollars)	MW(e)	Total (en millions $)	Par kilowatt (en dollars)
NCM	Fort Calhoun	481	173,9	361	457	175,0	383
NCM	Oconee 1	887	155,6	176	886	163,0	184
CM/NCM	Indian Point 2	1 013	206,1	203	873	212,0	242
Moyenne		814		251	753		240
1974							
NCM	Arkansas Nuclear 1	902	233,0	258	850	239,0	281
NCM	Arnold	566	202,2	357	535[3]	277,0[3]	518[3]
NCM	Zion 2	1 098	289,9	264	1 050[3]	271,0[3]	258[3]
NCM	Prairie Island 2	593	172,2	290	530	200,0	377
NCM	Cooper	835	246,3	295	778	296,0	380
NCM	Peach Bottom 2	1 152	628,5	546	1 065	537,0	504
NCM	Three-Mile Island	871	398,3	457	819	406,0	496
NCM	Oconee 2	887	320,8	361	817	160,0	184
NCM	Kewaunee	535	202,2	378	541	201,0	372
NCM	Peach Bottom 3	..[4]	..[4]		1 065	226,0	212
NCM	Oconee 3	..[4]	..[4]		871	166,0	191
Moyenne		827		362	821		329

NOTE CM : clés en main; NCM : non clés en main.
1 FPC : Federal Power Commission.
2 AEC : Atomic Energy Commission.
3 Millstone est considéré par l'AEC comme un réacteur entré en service en 1971 et les données qui s'y rapportent sont comprises dans les moyennes de 1971; Zion 2 et Arnold sont considérés comme des réacteurs entrés en service en 1975; et Main Yankee est un réacteur entré en service en 1972 et les données qui s'y rapportent sont comprises dans les moyennes de 1972.
4 La FPC n'a fourni aucune donnée pour 1974.
SOURCE Montgomery et Quirk (1976).

Le fléchissement de la demande de réacteurs nucléaires

Ainsi, sans grande expérience dans l'exploitation des centrales nucléaires, les entreprises américaines de services publics ont continué à passer de nombreuses commandes jusqu'en 1974. La crise provoquée par l'OPEP en 1973 a semblé stimuler la demande, mais cela fut de courte durée. En 1974, les 46 réacteurs commandés avant 1966 étaient en exploitation, ce qui portait la capacité installée à 28 351 MW. Les résultats enregistrés étaient bien inférieurs à ceux qui avaient été prévus. Les coûts en capital des centrales nucléaires étaient environ le triple de ceux qui avaient été projetés, ou au moins le double, après avoir tenu compte de l'inflation. En outre, le niveau d'exploitation réel des centrales était nettement inférieur au taux d'utilisation de 88 % qui avait été projeté, les prix de l'uranium étaient montés en flèche et les coûts d'entretien des centrales nucléaires étaient plus élevés que ceux encourus par les centrales thermiques alimentées au charbon et de taille comparable. La combinaison de tous ces facteurs a porté le coût de l'électricité produite par cette génération de réacteurs nucléaires américains à environ 10 à 12 cents/kWh, en dollars de 1982 (Flavin, 1984*b*, p. 192). Ce coût dépasse de 65 % celui de l'électricité produite par une centrale thermique alimentée au charbon, mais le fondement de cette conclusion n'est pas fourni. De plus, la demande de réacteurs nucléaires s'est presque évaporée lorsqu'il est devenu évident que la demande d'électricité ne croissait plus au rythme enregistré avant 1973. À compter de 1975, les annulations ont donc dépassé les commandes de réacteurs nucléaires. La situation lamentable dans laquelle se débattent présentement les entreprises de services publics qui tentent d'achever les centrales commandées avant 1975, compte tenu des taux d'intérêt élevés actuellement en vigueur, est assez bien connue. Inutile de nous y attarder davantage.

Les répercussions à l'étranger du programme d'énergie nucléaire des États-Unis

À l'extérieur des États-Unis, les prix du pétrole, tant nominaux que réels, ont continué de fléchir jusqu'en 1970. En Europe, on se préoccupait davantage de protéger les marchés du charbon que d'empêcher le remplacement de ce combustible par l'énergie nucléaire. Les projets d'énergie nucléaire sont donc plutôt restés des activités expérimentales subventionnées par le gouvernement qui cherchait à réaliser d'abord des percées scientifiques, le prestige national venant en second lieu. Seulement par inadvertance avait-on tenu compte des considérations économiques courantes.

En 1970, l'étroite collaboration entre les entreprises de services publics et les fabricants de réacteurs nucléaires, bien qu'essentiellement fondée sur des espoirs, avait des retentissements à l'étranger. Pour profiter de l'intérêt suscité, GE et Westinghouse ont établi des filiales à l'étranger et accordé des licences à des producteurs étrangers. Toutefois, le programme nucléaire français est celui qui a eu la plus grande incidence sur les marchés mondiaux. La Grande-Bretagne a mis sur pied son propre programme, par anticipation judicieuse des imperfections du programme américain, ce qui n'a pas empêché le programme britannique d'échouer. L'Allemagne a mis au point ses propres réacteurs à eau légère qui se révèlent parmi les plus fiables du monde.

Les résultats obtenus dans ces trois pays sont utiles à l'évaluation du programme canadien. Burns (1980) a comparé le programme britannique à celui des États-Unis et a conclu que l'échec du premier et la réussite du second étaient attribuables aux différents rôles joués par les entreprises publiques et privées. Bupp et Derian (1978) n'en sont pas arrivés à la même conclusion; à leur avis, le programme américain est l'échec le plus complet. En revanche, le programme français prétend-t-on, est bien organisé et jugé un succès. Cette conclusion découle des prévisions de membres de l'industrie nucléaire qui croient que la combinaison du pouvoir central et de l'optimisme face à la technologie permet de surmonter tout obstacle. En réalité, il est trop tôt pour qualifier de succès le programme français, même s'il y a eu flambée des prix du pétrole depuis que la France s'est engagée dans la réalisation de son programme nucléaire.

Le programme nucléaire français : une réussite ou un échec

La baisse de la consommation d'électricité étant un phénomène mondial, le programme nucléaire français se trouve également en difficulté. La France espérait réduire les coûts par l'adoption d'un modèle unique de réacteur et par l'anticipation des commandes intérieures. L'industrie nucléaire française était prête à produire six réacteurs par année. À l'heure actuelle, toutefois, la demande de nouveaux réacteurs est nulle. Pour que le programme se poursuive, un réacteur a été commandé en 1984 et un autre en 1985, mais ni l'un ni l'autre n'est nécessaire. De plus, le rendement des réacteurs ne répond pas aux attentes. Le programme français incorpore une rigidité qui peut en annuler les avantages. Électricité de France (EDF) a déjà commencé à fermer des centrales thermiques modernes à charbon et à subventionner la consommation d'électricité. Parmi tous les types possibles, la France n'a retenu que le réacteur à eau légère sous pression et ce choix ne résulte pas d'une évaluation rationnelle fondée sur des analyses. Il résulte plutôt d'un différend très absurde entre organismes. Électricité de France a eu gain de cause parce que son président du conseil et son influent président directeur général étaient prêts à démissionner, advenant l'échec de leur démarche. Électricité de France a donc réussi à vaincre la CEA, un organisme public semblable à l'EACL. Une situation comparable aurait pu surgir au Canada si Hydro-Ontario avait décidé d'utiliser un réacteur à eau légère. En 1974, après les fortes hausses du pétrole décrétées par l'OPEP, le programme s'est intensifié et Framatome, une filiale de Creusot-Loire et opérant sous licence Westinghouse, a été choisie pour désservir en exclusivité le marché français (voir Vernon, ed., 1974, p. 104).

La décision de la France a beaucoup favorisé la technologie des réacteurs à eau légère sous pression. En 1977, il semble que General Electric ait décidé de diminuer l'effort de commercialisation des réacteurs à eau légère bouillante. Framatome, le producteur français, semblait capable de réduire les coûts de production par la standardisation des réacteurs et de vendre ces mêmes unités au meilleur prix.

Les responsables du programme français ont réussi à élaborer une solide stratégie commerciale et ils semblent décidés à la poursuivre, quelle que soit la ligne de conduite adoptée par leurs concurrents. Ils ont atteint un degré de concertation inégalé par les autres pays concurrents. En France, les recherches scientifiques sont centrées sur le réacteur surrégénérateur, technologie qui, selon eux, remplacera en grande partie celle des réacteurs à eau légère dans les 20 ou 30 prochaines années. Dans l'intervalle, les ingénieurs s'appliquent à réduire le coût de production d'une génération de réacteurs à eau légère, au rythme d'environ six par année. Selon les données fournies, le coût d'un réacteur à eau légère de conception française

serait d'environ 1 000 $/kW, sans tenir compte des frais d'intérêts enregistrés durant la période de construction. On estime que ce coût est de 30 % inférieur au coût en capital d'un réacteur CANDU.

La stratégie canadienne de commercialisation du CANDU

La technologie nucléaire a rapidement évolué du stade de la mise au point à ceux de la démonstration et de la diffusion. Le tableau 4-6 (DeLeon, 1980, p. 299) montre l'importance de savoir choisir le bon moment. Les États-Unis avaient sept années d'avance sur le reste du monde au stade de la démonstration, et environ quatre années au stade de la commercialisation et de la diffusion de la technologie. Toutefois, il faut compter entre six et 10 années pour construire un réacteur nucléaire et quelques années encore pour acquérir de l'expérience en exploitation. L'avance des États-Unis est donc relativement courte, compte tenu de la durée de construction d'un réacteur.

Bien que le programme nucléaire canadien ait progressé rapidement, trop pour certains, il a néanmoins raté l'occasion de bénéficier de l'avalanche de commandes passées aux États-Unis de 1966 à 1974. Le hasard a voulu que la centrale de Pickering n'a pas été terminée assez rapidement pour que la technologie CANDU tire parti de la forte demande suscitée en 1973 et en 1974 par la crise provoquée par l'OPEP. Lorsque l'excellent rendement de la centrale de Pickering en a fait la réputation, la demande croissante d'électricité avait disparu et, avec elle, la majeure partie du marché des réacteurs nucléaires.

Le peu d'importance accordée à la commercialisation à l'étranger

L'auteur est d'avis qu'avant 1975, l'EACL n'a pas reconnu l'importance des marchés étrangers pour le développement du CANDU. Durant les années 60 et 70, les projections de la demande d'électricité en Ontario

Tableau 4-6

Comparaison de l'évolution chronologique de la technologie nucléaire dans différents pays (mise au point, démonstration et diffusion)

		Mise au point	Démonstration	Diffusion
États-Unis				
PWR	1947	Shippingport (1951)	Yankee-Rowe (1961)	Yankee-Haddam(1968)
BWR	1947	Vallecitos (1967)	Dresden (1960)	Oyster Creek (1969)
Allemagne de l'Ouest				
PWR	1955		Obrigheim (1969)	Stade (1972)
BWR	1955	Kahl (1962)	Grundremmingen (1966)	Wurgassen (1972)
URSS				
LWGR	1949	Obinsk (1954)	Beloyarsk 1-2 (1954-1967)	Beloyarsk 3-4 (1971-1972)
PWR	1949	« Lenin » (1956)	Novovoronezh 1-2 (1954-1969)	Novovoronezh 3-4 (1971-1972)
BWR	1949	Melekess (1962)		
Canada				
HWR	1945	NPD (1962)	Douglas Point (1967)	Pickering 1-4 (1971-1973)
France				
GGR	1949	Marcoule G2, G3 (1959-1960)	Chinan 2-3 (1965-1967)	Saint-Laurent 1-2 (1969-1971)
PWR			Chooz (1967)	Fessenheim 1-2 (1976)
Angleterre				
GGR	1946	Calder Hall (1956)	Magnox Reactor (1962-1971)	1965
AGR		Windscale (1963)	Dungeness B (1976) 1974	
SGHWR		Winfreth (1967)	1978	

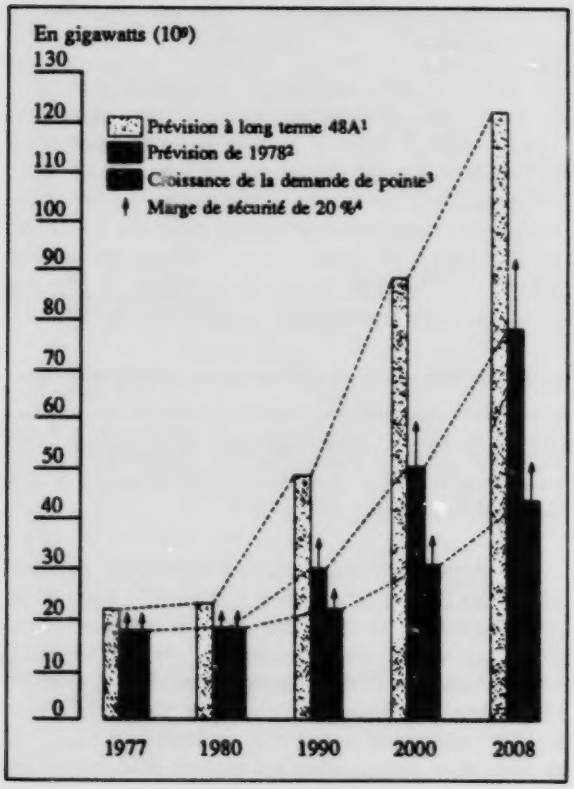
NOTE PWR – (Pressurized-Water Reactor) Réacteur à eau sous pression.
BWR – (Boiling-Water Reactor) Réacteur à eau bouillante.
LWGR – (Light-Water Graphite Reactor) Réacteur à eau légère et au graphite.
HWR – (Heavy Water Reactor) Réacteur à eau lourde.
SGHWR – (Steam-Generating HWR) Réacteur à eau lourde générateur de vapeur.
GGR – (Gas Graphite Reactor) Réacteur graphite-gaz.
AGR – (Advanced Gas Reactor) Réacteur graphite-gaz avancé.

SOURCE DeLeon (1980), p. 299.

laissaient présager à elles seules un brillant avenir, advenant un succès remporté par la mise au point de la technologie CANDU (graphique 4-1).

Graphique 4-1

Scénarios de la capacité et de la demande de pointe du réseau de l'est de l'Ontario



1 Hydro-Ontario, prévision à long terme 48A, capacité installée de production d'électricité en 1975.
2 Hydro-Ontario, prévision de la demande de pointe, 1978.
3 Hydro-Ontario, prévision de 1980 d'une croissance de la demande de 3,4 % par année.
4 À titre d'exemple, les données sur la demande de pointe ont été majorées de 20 % pour dégager la capacité installée (voir les données de 1977).

SOURCE Données adaptées du rapport intérimaire de la Royal Commission on Electrical Power Planning, *A Race against Time*, Toronto, 1978, p. 32; voir aussi C. A. Hooker et coll. (1981), p. 55.

Pas plus tard qu'en octobre 1975, Hydro-Ontario a annoncé qu'elle comptait dépenser 19 milliards de dollars, principalement pour accroître le nombre des installations nucléaires et ce, sur une période de 10 ans. Dans ses prévisions à long terme (48A), l'entreprise comptait installer une capacité de 29 000 MW entre 1990 et 2000, et 39 000 MW de plus jusqu'en l'an 2008. Ainsi, l'Ontario fournirait à elle seule environ 80 000 MW d'électricité supplémentaire sur 30 ans, ce qui correspond en moyenne à environ 2,7 GW par année ou l'équivalent de quatre centrales et demie de 600 MW par année.

Ces projets correspondent presque à la limite de la capacité actuelle de l'industrie nucléaire canadienne (voir le tableau 4-7). Si la demande d'électricité prévue au Québec à l'époque était ajoutée aux prévisions de l'Ontario, il aurait fallu que l'industrie canadienne connaisse une expansion encore plus grande. Sans faire une seule vente à l'étranger, l'industrie nucléaire canadienne semblait destinée à traverser une longue période de croissance soutenue, quoique modérée. Une fois la phase d'expansion terminée, en 2008, il serait alors nécessaire de démanteler et de remplacer les vieux réacteurs. Les optimistes estimaient que le réacteur CANDU serait plus durable que les réacteurs à eau légère parce qu'il peut, comme les réacteurs surrégénérateurs, être adapté au plutonium récupéré d'autres réacteurs ou encore au thorium plutôt que l'uranium. Si la technologie des réacteurs surrégénérateurs achoppait ou si le prix de l'uranium demeurait abordable, une version améliorée du réacteur CANDU connaîtrait une prospérité qui s'étalerait sur une longue période.

Les projections précédentes de la demande canadienne de réacteurs nucléaires remontent à 1975. En 1974, l'EACL prévoyait que la demande canadienne s'élèverait à 130 GW en l'an 2000 (Lortie et Schweitzer, 1981, p. 38). D'après ces prévisions, il faudrait que l'industrie produise neuf réacteurs de 600 MW par année pour répondre uniquement à la demande canadienne. L'écart entre les prévisions de 1974 et celles de 1975 découle d'une baisse du taux de croissance de la demande d'électricité qui est tombé de plus de 7 % par année à un peu plus de 5 % environ. La baisse réelle a été beaucoup plus marquée, mais il persistait un doute sur le temps pendant lequel le taux de croissance resterait inférieur à celui qui avait été observé pendant les deux dernières décennies. En 1979, l'EACL prévoyait que la demande canadienne jusqu'en l'an 2000 se situerait entre 25 et 65 GW. À l'heure actuelle, il est presque certain que l'Ontario n'augmentera pas la capacité au-delà de celle des centrales de Bruce et de Darlington, à moins d'une flambée des prix du charbon. Ainsi, il est probable que les plus basses projections de 1979 ne seront pas dépassées au Canada, à moins que la demande d'électricité au Québec ne s'accroisse et que le potentiel de développement hydroélectrique encore existant ne devienne trop coûteux.

Tableau 4-7

Estimation de l'utilisation de la capacité de production de réacteurs nucléaires dans le monde durant les années 80

	Capacité de fabrication et d'installation de réacteurs	Estimation des commandes probables durant les années 80	Part de la capacité vraisemblablement occupée par la demande[1]
	(En GW par année)		(En pourcentage)
Canada	3	0,5–1,0	16–33
France	7	3–4	43–57
Allemagne de l'Ouest	6–8	1–2	12–33
Japon	6	3–4	50–57
Suède	1–2	0–0,5	0–50
Grande-Bretagne	1–2	0,5–1,5	50–100
États-Unis	25–30	2–7	7–28
Marchés d'exploitation	–	4–6	8–20[2]
Total	49–58	14–25	24–51

1 La part de la capacité totale de construction de réacteurs utilisée dans le cadre de programmes de construction de réacteurs dans le pays.
2 Pourcentage de la capacité qui reste inutilisée après que les commandes ont été remplies.
SOURCE Lortie et Schweitzer (1981).

En 1974, l'EACL s'attendait à ce que la demande mondiale atteigne 40 000 GW en l'an 2000, prévision qui a été rabaissée à 1 543 GW en 1977. Si la technologie CANDU avait attiré seulement 5 % du marché mondial après 1974, l'EACL aurait pu s'attendre à vendre plus de 130 réacteurs de 600 MW par année durant 25 ans. En 1977, ces 5 % du marché mondial ne se résumaient plus qu'à la vente de cinq réacteurs par année (voir le tableau 4-8 pour la répartition du marché).

Présentement, la vente de cinq réacteurs par année garantirait la survie du programme CANDU, mais les projections de 1979 se sont révélées beaucoup trop optimistes. Dans une revue de l'industrie nucléaire publiée en 1982, le ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (EMR) a clairement laissé entendre qu'au cours de la prochaine décennie, il ne fallait pas s'attendre à aucune nouvelle commande de réacteur CANDU, tant de l'intérieur que de l'étranger. Toutefois, au moment où ces lignes sont écrites, il est possible que le Canada vende un réacteur à la Turquie, les négociations à ce sujet étant déjà très avancées.

En 1980, l'industrie canadienne pouvait produire des réacteurs nucléaires ayant une capacité totale établie de 3 GW par année, soit presque 5 % de la capacité mondiale, soit l'équivalent de la part canadienne du marché mondial. Aux États-Unis, en revanche, la capacité installée est d'environ 25 GW, mais les perspectives de ventes sont aussi sombres que celles du réacteur CANDU (Lortie et Schweitzer, 1981, p. 140).

De nos jours, il est difficile de concevoir qu'au début des années 70, le risque associé à la mise au point de la technologie CANDU dépendait de la réussite technique plutôt que de la commercialisation. Si la Tennessee Valley Authority (TVA) pouvait prétendre qu'il coûte moins cher de produire de l'électricité au moyen d'une centrale nucléaire qu'au moyen d'une centrale thermique à charbon et ce, même dans les régions productrices de charbon, une telle assertion n'était-elle pas d'autant plus vraie en Ontario qui importe presque tout le charbon consommé des États-Unis ? Il ne s'agissait pas non plus d'une affirmation sans fondement puisque le TVA l'a renforcée en commandant deux immenses réacteurs à eau légère. À l'avantage de l'EACL, le marché mondial avait été créé suite aux efforts de commercialisation déployés par les États-Unis et l'existence d'un petit créneau pour le réacteur CANDU était plus que suffisante pour justifier les travaux de R-D au Canada. La coentreprise avec Hydro-Ontario garantissait au CANDU son plus important marché; toutes les autres ventes étaient considérées comme un apport supplémentaire.

Les considérations précédentes expliquent certainement pourquoi la stratégie de l'EACL s'est résumée à laisser le

marché mondial à la Générale Électrique du Canada (GEC) jusqu'en 1968. À la fin des années 60, la seule préoccupation de l'industrie canadienne était de construire la centrale de Pickering et d'en démontrer les possibilités. La construction de ces deux réacteurs de 500 MW commandés en 1964, peu de temps après que GE eut annoncé la construction de la centrale à Oyster Creek, se déroulait à une époque où l'information sur les coûts de construction et d'exploitation de réacteurs à eau légère était aussi rare que celle qui se rapportait aux réacteurs à eau lourde (DeLeon, 1980, p. 171).

Il était impossible de prévoir que la vague de commandes passées par les entreprises de services publics américaines entre 1966 et 1974 allait marquer l'étape finale du marché. Ces commandes ont été faites sans en connaître plus sur les coûts de capital et d'exploitation des réacteurs à eau légère que sur ceux du réacteur CANDU. Il semblait que les possibilités de ventes resteraient énormes tant que les coûts de la technologie CANDU seraient comparables à ceux des réacteurs à eau légère.

Au cours des années 60, la stratégie de l'EACL consistait donc à centrer ses ressources et ses efforts sur l'achèvement de la centrale de Pickering et à établir la réputation de la filière CANDU. Il n'y avait pas lieu de prévoir longtemps d'avance en tentant d'acquérir une solide réputation sur le marché international; le marché était jugé peu important et ne prendrait pas d'expansion avant les années 70, au moment où les prix du pétrole devaient cesser de fléchir et ceux du charbon et du pétrole devaient commencer à croître.

L'incapacité de conquérir un marché américain en plein essor

Pourquoi l'industrie nucléaire canadienne n'a-t-elle pas profité de la forte demande aux États-Unis de 1967 à 1974 ? L'auteur n'a trouvé aucun document remontant à cette époque et dans lequel on aurait encouragé l'EACL à établir une clientèle parmi les entreprises de services publics américaines. L'EACL avait décidé de limiter ses

Tableau 4-8

Part du marché des réacteurs nucléaires, selon l'entreprise, 1980

	Canada	À l'étranger [1]	Total	Réacteurs à l'étranger en proportion du nombre total de réacteurs
				(En pourcentage)
Nombre de réacteurs en exploitation				
Westinghouse	26	13	39	33
Framatome	12	1	13	8
General Electric	25	14	39	36
KWU	7	3	10	30
Combustion Eng.	7	–	7	–
Babcock & Wilcox	9	–	9	–
Canada	10	2	12	17
Nombre de réacteurs en construction ou commandés				
Westinghouse	33	33	66	50
Framatome	39	8	47	17
General Electric	26	17	43	39
KWU	12	7	19	36
Combustion Eng.	8	–	8	–
Babcock & Wilcox	7	–	7	–
Canada	13	3	16	19

1 Comprend les coentreprises.
SOURCE Lortie et Schweitzer (1981).

efforts au marché intérieur et de chercher à vendre à l'occasion dans des pays du Tiers Monde. Entre 1968 et 1972, l'EACL a présenté, au coût d'un million de dollars chacune, des soumissions à la Roumanie, au Mexique, à l'Australie et à la Grèce (EMR, 1981*b*, p. 284). Si justifications de l'échec de l'industrie canadienne sur le plan de la commercialisation sont nombreuses, il semble néanmoins évident que, durant les années 60, la position du Canada a été affaiblie non pas par le manque d'expérience en commercialisation, sur lequel on a tant insisté, mais par deux facteurs d'importance capitale : l'incertitude au sujet du coût de production de l'eau lourde et la lenteur à mettre en service le réacteur de démonstration à Douglas Point.

Le rôle de l'eau lourde dans l'échec commercial du CANDU

Au cours des années 60, l'eau lourde se vendait environ 30 dollars la livre. Puisque le réacteur CANDU consomme environ une tonne métrique par MW d'électricité produite, le coût de la charge initiale d'un réacteur de 600 MW s'élevait donc à 40,3 millions de dollars ou environ 67 $/kW. Étant donné que les fabricants américains de réacteurs à eau légère prétendaient à l'époque que les coûts en capital se situaient entre 125 $ et 130 $/kW, la charge initiale d'eau lourde représentait à elle seule la moitié du coût d'un réacteur à eau légère. Le numéro de juin 1966 de *Nuclear Engineering International* portait uniquement sur la question de l'eau lourde. De toute évidence, les problèmes rattachés à la production d'eau lourde n'ont pas échappé à l'industrie. Ces difficultés n'ont pas été rapidement surmontées puisque les prix de l'eau lourde se sont élevés jusqu'à 50 $ en 1975 (DeLeon, 1980, p. 169).

L'industrie canadienne prévoyait que l'accroissement de l'échelle de production ferait tomber le prix de l'eau lourde à 14 $ la livre au milieu des années 70. À ce prix, la charge initiale d'eau lourde aurait été l'équivalent de 30,80 $/kW, soit environ 20 % du prix alors prévu pour un réacteur à eau légère. Compte tenu de l'importance capitale de l'eau lourde dans le programme canadien de développement de l'énergie nucléaire, l'attitude presque cavalière adoptée à l'égard des problèmes de production d'eau lourde a nui à la réputation du programme en général et à celle de l'EACL en particulier. La technologie de production de l'eau lourde ne semblait pas être un domaine d'activité aussi prestigieux que la mise au point d'un réacteur. Cette technologie a été laissée à d'autres qui étaient influencés par des considérations régionales et nationalistes. L'EACL semble n'avoir pas agi avec la circonspection normalement exigible face aux difficultés que pose l'adaptation à la production à grande échelle d'un réacteur conçu pour une petite centrale.

Le coût de l'eau lourde pour l'acheteur éventuel d'un réacteur CANDU était un facteur déterminant du succès de la technologie, non seulement parce qu'il contribuait à majorer le coût en capital initial, mais aussi parce que de nombreux intervenants de l'industrie nucléaire doutaient que la filière CANDU soit suffisamment étanche. S'il y avait fuite d'une quantité considérable d'eau lourde dans l'enveloppe étanche, il serait nécessaire d'ajouter de l'eau lourde pendant le fonctionnement. L'EACL a réglé le problème des fuites et maintenant, une fois la charge initiale effectuée, une très faible quantité d'eau lourde pourrait être requise. Au cours des années 60 et au début des années 70, toutefois, il y avait lieu de douter de l'étanchéité du réacteur CANDU.

La lenteur à mettre en service une centrale de démonstration

Le second facteur qui a nui à la commercialisation du réacteur CANDU au cours de la période de vente intensive fut la lenteur à mettre en service le réacteur de Douglas Point. C'est à ce chapitre que semblent ressortir les faiblesses de la prise en main d'une entreprise commerciale par un organisme de recherche. Par exemple, une des causes du retard a été la défectuosité d'un appareil de chargement du combustible conçu par l'EACL durant la construction du réacteur de Douglas Point, dont le Canada voulait faire étalage mais qu'on a terminé en 1967, avec trois ans de retard. L'appareil de chargement du combustible est un dispositif critique qui permet de recharger le réacteur CANDU sans interrompre son fonctionnement. Les barres sont retirées et réintroduites pendant que le réacteur est en marche. Un cadre supérieur de la GEC, maintenant à la retraite, a expliqué à l'auteur que cette société avait réussi à mettre au point un appareil de chargement pour le réacteur de démonstration. L'EACL a décidé de modifier le « design » de l'appareil qui s'est avéré défectueux. Il a fallu deux ans de travail avec la collaboration de la GEC pour rendre le nouvel appareil opérationnel. Il ne s'agit sans doute pas de la seule raison pour laquelle la mise en service du réacteur de Douglas Point ait été retardée de trois ans. Néanmoins, la combinaison d'une gestion de projet qui laisse à désirer et le désir de tenter des expériences a certainement contribué à ralentir le projet. Certes, la décision d'exclure la GEC de la conception et de la construction du réacteur de Douglas Point est discutable à divers points de vue. La technologie CANDU aurait vraisemblablement connu un très

grand succès sur les marchés mondiaux si le réacteur de Douglas Point avait été mis en service avec de bons résultats en 1964 et s'il avait été possible de s'approvisionner en eau lourde à un coût raisonnable. Il aurait donc fallu déployer tous les efforts possibles pour mettre le réacteur en service au moment opportun au lieu de risquer gros à le modifier durant l'étape de la construction.

Le rôle d'Hydro-Ontario

On reproche souvent à Hydro-Ontario d'avoir fait exclure la GEC de la conception et de la construction des plus gros réacteurs en Ontario. Hydro-Ontario se chargeait de l'exploitation courante d'une centrale et préférait que l'EACL en assure la conception. Certains prétendent qu'Hydro-Ontario voulait éviter de dépendre d'un seul fournisseur pour les centrales nucléaires ou même pour les composants d'un réacteur. Cependant, quelles qu'aient été les intentions d'Hydro-Ontario, l'EACL semble avoir agi sans tenir compte des conséquences de cette ligne de conduite sur le plan stratégique. L'EACL demeure donc une des rares entreprises du monde à vendre des réacteurs nucléaires sans être intégrée aux processus de fabrication touchant les principaux composants de sa filière. Pour certains, dont Secor Inc., il s'agit de la plus grande faiblesse du programme canadien de commercialisation.

Il est compréhensible que l'EACL se soit pliée aux préférences d'Hydro-Ontario puisque cette dernière était la seule entreprise de services publics qui acceptait de partager le financement de la mise au point du réacteur. En 1964, lorsqu'il a été décidé de construire la centrale de Pickering, Hydro-Ontario et le gouvernement de la province ont défrayé 40 % et 27 % des coûts, respectivement. Il était donc peu réaliste de s'attendre à ce que de vagues perspectives de ventes plus ou moins lointaines l'emportent sur l'aide financière initiale fournie par l'Ontario.

L'année 1964 a été l'apogée des projets clés en main à prix fixe aux États-Unis. Hydro-Ontario aurait pu acheter par contrat clés en main un réacteur à eau légère de conception américaine. La GEC était disposée à présenter une offre à prix fixe pour construire la centrale de Pickering, mais on l'a informée que son offre ne serait pas la bienvenue. Hydro-Ontario, en collaboration avec l'EACL et le gouvernement provincial, a choisi plutôt de courir le risque de mettre au point le réacteur CANDU.

L'Ontario préférait le réacteur CANDU parce que la plupart des composants seraient fabriqués dans la province. Le composant de base du réacteur à eau légère concurrent est la calandre en acier inoxydable qu'il aurait fallu importer au Canada. La technologie CANDU offrait donc à l'Ontario la possibilité d'accroître à la fois la fabrication sur place et la capacité de produire efficacement de l'électricité. Il aurait sans doute été possible de négocier la production au Canada de certains composants d'un réacteur à eau légère, mais il aurait fallu importer les principaux composants et les travaux d'ingénierie.

Résumé

Nous avons vu que durant l'importante période d'expansion de l'industrie nucléaire américaine, c'est-à-dire de 1966 à 1974, l'EACL était vouée à une stratégie de commercialisation axée sur le marché intérieur. Cette situation s'explique en partie par la dépendance financière de l'EACL à l'égard du gouvernement fédéral et sa préférence pour la recherche-développement, mais elle est surtout attribuable au marché de ses produits.

Sur ce plan, l'EACL a présumé que les pays industrialisés exclueraient le Canada de leurs marchés. Cette présomption est certainement raisonnable, compte tenu de la protection à laquelle le Canada s'était heurté dans le secteur de la production classique de l'électricité (voir Burn et Epstein, 1972). À la même époque, les États-Unis, le Royaume-Uni, la France et l'Allemagne chacun de leur côté, dépensaient beaucoup plus que le Canada dans le domaine de la recherche appliquée, et il ne faillait pas s'attendre à ce qu'ils laissent entrer une technologie étrangère. Dans les pays du Tiers Monde, la consommation d'énergie était faible, l'électricité en constituait une part relativement minime et leurs réseaux de distribution n'étaient pas suffisamment développés pour qu'une centrale nucléaire complexe leur soit raccordée. De toute manière, la concurrence entre les pays industrialisés qui vendraient leurs produits au coût marginal serait telle que la vente aux pays du Tiers Monde permettrait, au mieux, d'atteindre le seuil de rentabilité. En effet, toutes les ventes du Canada ont fait l'objet de subventions à l'exportation et leur apport à la société canadienne est probablement négatif.

Si raisonnables qu'aient pu sembler ces hypothèses au sujet du marché, l'EACL peut néanmoins être critiquée pour ne pas avoir exploré à fond leurs limites. L'EACL et la GEC, en collaboration auraient pu s'efforcer à vendre des réacteurs aux États-Unis durant la vague d'achats de 1965 à 1974[1]. Compte tenu de la forte expansion de l'énergie nucléaire aux États-Unis, il aurait probablement été possible de surmonter les obstacles posés par la réglementation au début de la période, et cela, certainement avant 1970. Toutefois, pour réussir à vendre un

réacteur CANDU, il aurait fallu offrir à l'entreprise américaine de services publics un contrat clés en main à un prix comparable à celui des fabricants américains de réacteurs. Puisque les fabricants américains ont cessé d'offrir des contrats clés en main en 1967, il en a résulté une ouverture sur le marché américain qu'un effort énergique aurait pu rendre très profitable pour le Canada. La vente à une entreprise américaine de services publics d'un réacteur CANDU comme celui de la centrale de Pickering aurait permis à cette technologie d'acquérir une solide réputation à l'étranger et ce, durant une période critique où aucun type de réacteur n'avait acquis, dans son exploitation, une expérience majeure et déterminante. Un contrat de vente clés en main aux États-Unis aurait aussi montré que l'EACL était convaincue de pouvoir acquérir ou produire de l'eau lourde et, du même coup, aurait permis d'éliminer un important obstacle qui, jusque-là, barrait la route à toute tentative d'établir la réputation du réacteur CANDU à l'étranger.

L'EACL a plutôt dû assumer les conséquences de sa dépendance à l'égard d'un marché unique disparu de façon imprévisible. Avant 1975, le marché intérieur semblait assez vaste pour justifier les coûts imputables à la recherche appliquée associés au CANDU. Parce qu'elle a négligé de s'implanter sur le marché américain et n'a pas réussi à améliorer la réputation du réacteur CANDU durant la période critique, l'EACL a perdu tous ses atouts. Depuis, les producteurs allemands, français et américains de réacteurs à eau légère se sont si solidement établis sur les marchés internationaux qu'il est maintenant presque impossible pour le réacteur CANDU de regagner le terrain perdu.

L'industrie nucléaire est-elle nécessairement d'envergure mondiale ?

D'après M. Porter (1982), une industrie est d'« envergure mondiale » lorsque le marché intérieur d'une entreprise contribue à une importante amélioration de sa position commerciale sur les marchés étrangers. Suivant une définition plus rigoureuse, une industrie est d'envergure mondiale lorsqu'aucun producteur national ne peut soutenir, dans son pays, la concurrence des producteurs qui vendent à l'échelle mondiale. Selon cette dernière définition, l'industrie nucléaire n'était pas d'envergure mondiale avant 1975 et il n'est pas évident qu'elle ne le deviendrait jamais.

La courbe d'expérience

L'industrie avait grand espoir que la courbe d'expérience et les économies d'échelle produisent des avantages, mais il semblait que le marché mondial croîtrait plus rapidement que tout avantage économique que puisse en tirer un producteur dominant. Il n'est pas certain que l'apprentissage entraîne une diminution des coûts; les coûts réels ont augmenté avec le temps pour diverses raisons. Joskow et Rozanski (1979) ont constaté que la courbe d'expérience se vérifiait, mais que le passage d'un petit réacteur (500-600 MW) à un plus grand (1 200 MW) s'accompagnait d'une augmentation disproportionnée des coûts unitaires (voir aussi Zimmerman, 1982). D'après Joskow et Rozanski, l'expérience acquise par la production continue de réacteurs de 600 MW fait diminuer les coûts, comme le fait l'expérience dans la construction d'un réacteur de 1 200 MW, mais le transfert d'expérience acquise sur un réacteur de 600 MW s'effectue plus difficilement lorsque l'on s'attaque à la construction d'un réacteur plus puissant. La construction de réacteurs de plus grande taille a été plus problématique que prévu et l'expérience n'a pas contribué à réduire les coûts. Les problèmes de sécurité imprévus ont nécessité des modifications qui ont, à leur tour, fait croître les coûts en capital. Dans une étude qui a détruit la confiance de l'industrie, Komonoff (1977) a révélé que les coûts réels de construction aux États-Unis ont augmenté de 13,5 % par année de 1971 à 1978. Cela signifie que le coût d'une nouvelle centrale nucléaire construite aux États-Unis s'élevait à 2 000 $/kW, en dollars de 1982. Entre 1969 et 1982, les coûts en capital ont sextuplé en Allemagne, ce qui correspond environ au double du taux d'inflation. D'après DeLeon, les coûts de construction enregistrés par Hydro-Ontario ont atteint 1 700 $/kW, contre 400 $/kW en 1972, soit un taux de croissance *réel* de 6 % par année (d'autres données pour 1981 varient entre 1 070 $/kW et 1 350 $/kW). Ce taux de croissance n'est que la moitié de celui qu'a calculé Komonoff aux États-Unis, mais il traduit néanmoins un rendement médiocre. Les avantages attribuables aux courbes d'apprentissage et d'expérience que Joskow a pu dégager ont été dissipés par l'augmentation rapide des coûts dont le rythme de croissance dépasse nettement celui des coûts de construction d'une centrale thermique au charbon. Étant donné qu'une grande part des dépenses était attribuable à la construction de réacteurs pour un marché local et que cette activité est dépendante de la conjoncture locale, l'industrie nucléaire ne peut être jugée d'envergure mondiale en vertu des économies d'échelle possibles. Il est bon de chercher à produire à faible coût, mais il est peu probable que cet objectif soit atteint uniquement par l'expansion de la capacité.

La réputation et la crédibilité

En l'absence d'importantes économies d'échelle, d'une diminution rapide des coûts découlant de l'apprentissage

ou encore des avantages liés à l'acquisition des intrants, l'industrie nucléaire peut néanmoins être d'envergure mondiale. La réputation et la crédibilité peuvent être à caractère mondial lorsqu'il s'agit d'une industrie naissante. Au stade initial du cycle de production, les acheteurs font leurs premières armes et une première vente peut donner lieu à de nombreuses ventes subséquentes. La première vente est la plus difficile à réaliser. Tous les producteurs concurrents subissent une incitation comparable à réduire le prix pour s'attirer un acheteur et peut-être s'assurer de nouvelles commandes. L'industrie nucléaire peut aussi être qualifiée d'industrie mondiale pour une autre raison ayant un effet très déterminant sur le marché des biens d'équipement, à savoir la probabilité présumée d'obsolescence. Une stratégie à caractère mondial peut contribuer à dissiper la crainte d'un acheteur éventuel à cet effet. Un producteur ayant un petit marché peut se montrer incapable de rivaliser avec un plus grand producteur qui bénéficie d'un avantage psychologique.

La réussite mondiale incite un acheteur éventuel à croire que la technologie qu'il a choisie lui permettra de bénéficier des progrès futurs qui semblent découler inévitablement des nouvelles technologies. Par ailleurs, une fois que le choix est arrêté et que les perspectives s'avèrent peu prometteuses, changer de modèle pourrait devenir très coûteux en raison des coûts en formation déjà effectués et de l'infrastructure mise en place. Par exemple, un acheteur de réacteur à eau légère peut avoir construit des installations d'enrichissement, tandis que l'acheteur d'un réacteur à eau lourde peut avoir investi dans la production d'eau lourde. En outre, les différents types de réacteurs peuvent être assortis de problèmes particuliers de manutention du matériel ou d'élimination des déchets et les résultats de la recherche propre à un réacteur peuvent ne pas être applicables à un autre type de réacteur.

L'industrie nucléaire semble donc être, par nature, partiellement mais non exclusivement une activité d'envergure mondiale. Le petit producteur ne se trouve pas nécessairement très désavantagé par ses coûts puisque la production reste en grande partie sur commande. Cependant, son accès aux marchés d'exportation pourrait s'améliorer de plus en plus. Ces prévisions optimistes pour le réacteur CANDU reposent toutefois sur l'expérience antérieure et sur un marché croissant; néanmoins, l'accroissement des dépenses de R-D d'autres producteurs menace de rendre la technologie CANDU désuète.

Les caractéristiques distinctives du réacteur CANDU

Le réacteur CANDU se distingue des autres types par les caractéristiques suivantes :

- chargement du combustible sans interrompre le fonctionnement du réacteur, ce qui suppose, en théorie, une grande marge de disponibilité;
- aucune nécessité d'enrichir le combustible;
- l'eau lourde sert de modérateur et de caloporteur;
- absence de cuve sous pression, ce qui facilite la fabrication; et,
- avantage d'une sécurité naturelle offerte par le grand réservoir d'évacuation de l'eau lourde.

La technologie CANDU convenait au Canada parce qu'après la guerre, les États-Unis avaient le monopole des installations d'enrichissement de l'uranium. L'utilisation de l'eau lourde permettait de contourner le problème d'accès aux installations d'enrichissement et, ainsi, de devenir concurrentiel. En outre, cette technologie éliminait le besoin de construire une grande cuve sous pression, ce que l'industrie canadienne n'était pas et n'est pas encore préparée à faire. La conception initiale du réacteur de démonstration (NPD) prévoyait une cuve sous pression qui avait été commandée d'un fabricant du Royaume-Uni, mais n'a jamais servi parce qu'elle a été rendue inutile par une modification au réacteur permettant d'utiliser plutôt des tubes.

Toutes ces caractéristiques jugées encore récemment avantageuses ont perdu leur importance. Les États-Unis n'ont plus le monopole des installations d'enrichissement. Le succès commercial des réacteurs à eau légère a entraîné, comme on pouvait s'y attendre, la mise au point de nouvelles techniques d'enrichissement. La recherche sur l'eau lourde se poursuit mais, à l'extérieur du Canada, la mise au point de nouvelles applications ne suscite aucun intérêt. La réussite commerciale de la technologie CANDU à l'échelle mondiale aurait pu procurer d'importants avantages indirects découlant de la R-D destinée à réduire le coût de production de l'eau lourde. L'occasion s'est depuis envolée. Le prix actuel de l'eau lourde varie entre 95 $ et 150 $ la livre, un montant nettement supérieur à celui de 14 $ qui avait été prévu durant les années 60, même si l'on tient compte de l'inflation.

Il se peut que les petits pays soient encore intéressés à acheter des réacteurs dont l'exploitation ne nécessite pas l'accès à des installations d'enrichissement. Ce facteur revêt une dimension politique et n'a peut-être pas beaucoup de poids lorsqu'il s'agit d'investissements considérables. Néanmoins, la technologie CANDU est avantagée dans les pays ayant des gisements d'uranium. Parce que le

réacteur CANDU ne fait pas appel à l'enrichissement et n'a pas besoin d'une calandre difficile à fabriquer, même les pays les moins industrialisés pourraient presque devenir autonomes dans la production et l'exploitation de réacteurs nucléaires. Par exemple, l'Inde a construit deux réacteurs de 200 MW de type CANDU après que le Canada a retiré son appui du programme nucléaire indien. Par ailleurs, cet avantage est annulé par le fait que l'acheteur dépend du fournisseur initial pour l'eau lourde. Rares sont les petits pays qui envisageraient d'investir dans leurs propres installations de production d'eau lourde s'ils n'appliquent pas à très grande échelle la technologie CANDU. Pour exploiter à presque pleine capacité une usine de production commerciale d'eau lourde (800 tonnes par année), il faudrait construire chaque année un nouveau réacteur de 850 MW. Les producteurs du réacteur CANDU prétendent que les coûts de production en électricité sur la vie utile du réacteur sont plus faibles que ceux des réacteurs à eau légère. Pour prétendre cela, ils s'appuient sur le fait que le réacteur CANDU consomme de l'uranium naturel dont le coût est plus faible et que sa capacité moyenne est plus élevée dû à son « design ». De ces deux avantages, seul le premier était un argument de vente, puisque, récemment encore, il n'existait presque aucune donnée sur l'exploitation de nombreux types de réacteurs. Cet argument n'est pas très convaincant parce que les meilleurs types de réacteurs à eau légère, notamment ceux de fabrication allemande, semblent rarement arrêtés. Les bons résultats de fonctionnement du réacteur CANDU sont attribuables en grande partie à l'excellente gestion de l'exploitation par Hydro-Ontario.

Bref, dans l'ensemble, le réacteur CANDU est différent d'un réacteur à eau légère et ce facteur semble offrir une lueur d'espoir en dépit de la prédominance de la technologie à eau légère. Toutefois, les avantages de la technologie CANDU ont perdu de l'importance, puisque l'accès aux installations d'enrichissement ne pose plus un problème, tandis que l'approvisionnement en eau lourde reste à toutes fins pratiques un monopole canadien. Ces facteurs sont des obstacles réels à la vente du CANDU à l'étranger. La stratégie de différenciation ne semble plus justifier l'optimisme à l'égard des perspectives commerciales du CANDU, même s'il y avait raffermissement du marché mondial de l'énergie nucléaire.

L'Ontario au premier plan

Les coûts d'implantation sur le marché américain

Durant la période critique de commercialisation des réacteurs nucléaires, l'EACL a mis l'accent sur le marché intérieur. Cette stratégie a probablement permis d'économiser, au mieux, 100 millions de dollars, soit le montant en dollars de 1965 qu'il aurait fallu débourser à l'époque pour s'implanter sur le marché américain. Une telle dépense aurait été nécessaire pour surmonter l'obstacle créé par la réglementation, puisque les premières ventes aux États-Unis auraient seulement pu être réalisées par voies de concessions. L'EACL était l'entreprise qui avait beaucoup à gagner si la technologie CANDU était acceptée sur le marché américain et sur les marchés mondiaux; c'est donc elle seule qui aurait dû être disposée à courir le risque lié à la commercialisation du CANDU aux États-Unis. Sur le marché canadien, cependant, le gouvernement de l'Ontario se montrait prêt à assumer la moitié des risques. Pour vendre un réacteur CANDU sur le marché américain pendant les années 60, il aurait fallu que l'EACL offre des contrats clés en main à un prix équivalent à celui de GE ou Westinghouse et garantisse l'approvisionnement en eau lourde sans frais ou à un prix fixe. Il aurait fallu également garantir à l'acheteur un approvisionnement continu en uranium, à prix fixe.

Pour déterminer l'investissement qui aurait été nécessaire, il serait utile d'examiner les sommes dépensées par GE et Westinghouse pour obtenir la prédominance sur le marché. Selon les données fournies, ces deux entreprises auraient perdu au total 1 079 millions de dollars dans la construction de 13 réacteurs en vertu de contrats clés en main. Le coût des deux centrales de Pickering étant de 220 millions de dollars canadiens ou 240 $/kW en dollars américains, les réacteurs canadiens auraient été beaucoup plus onéreux que les réacteurs construits par GE et Westinghouse en vertu de contrats clés en main. Prenons l'exemple de la centrale de Monticello qui a été mise en service en 1971, la même année que celle de Pickering, et dont la taille est comparable à une seule unité de Pickering. L'entreprise de services publics a déboursé 105 millions de dollars, mais GE a reconnu avoir perdu 63 millions de dollars dans la transition (voir le tableau 4-3). Le coût en capital s'élevait à environ 190 $/kW pour l'entreprise de services publics et de près de 305 $/kW pour GE. Si les coûts associés à la centrale de Pickering étaient convertis en coût d'implantation sur le marché américain, l'EACL aurait enregistré seulement un faible dépassement mais, au début, elle aurait été obligée d'assumer des risques élevés. La vente de deux réacteurs de 500 MW sur le marché américain et l'assurance d'un approvisionnement continu en eau lourde aurait représenté pour l'EACL un risque équivalent à un peu plus de 250 millions de dollars, même si les réacteurs n'avaient pas fonctionné. Cette somme n'est pas négligeable, mais GE et Westinghouse ont risqué 10 fois plus (voir le tableau 4-3). Selon des estimations plus

vraisemblables, l'EACL aurait risqué de perdre au plus 100 $/kW ou 100 millions de dollars.

Cette perte est importante, mais se compare aux sommes investies à l'époque dans l'énergie nucléaire. Au milieu des années 60, l'EACL dépensait en recherche près de 60 millions de dollars par année, de sorte que le risque couru pour s'implanter sur le marché américain aurait représenté l'investissement en recherche de presque deux années. Il aurait fallu que l'EACL risque une avance d'environ 37 millions de dollars par année pendant six ou sept ans pour construire deux réacteurs de 500 MW aux États-Unis. La question à savoir si ce financement supplémentaire aurait posé un problème pour l'EACL demeure encore en litige. Il s'agit évidemment d'un montant minime si l'on considère la taille du marché qui aurait été créé si les réacteurs avaient été une réussite. Lorsque les fabricants américains ont cessé d'offrir des contrats clés en main, l'EACL aurait été particulièrement avantagée par la construction d'une centrale aux États-Unis, eut-elle été disposée à courir le risque.

Les intérêts politiques de l'Ontario

Du point de vue d'Hydro-Ontario, l'avantage politique de contribuer à la réalisation des objectifs de la province éliminait d'emblée la possibilité même d'une mise à l'essai des réacteurs à eau légère. Même si le coût en capital d'un réacteur CANDU s'était révélé nettement supérieur au prix d'achat d'un réacteur à eau légère, à un taux d'intérêt nominal de 3 à 5 %, le coût d'exploitation d'un réacteur plus onéreux n'aurait pas été beaucoup plus élevé. L'écart de coût en capital aurait été atténué par le coût plus faible de chargement en combustible du réacteur CANDU qui ne fait pas appel à l'uranium enrichi. Les frais d'exploitation du réacteur CANDU sont inférieurs à ceux d'un réacteur à eau légère, même lorsque le rendement des deux correspond aux normes.

De toute évidence, la technologie CANDU offrait à l'Ontario d'importants avantages politiques, sinon économiques. Le charbon importé pouvait être remplacé par l'uranium local, tandis que la fabrication serait en grande partie effectuée dans la province. Hydro-Ontario ne s'intéressait pas à l'exportation. À l'époque, il était prématuré de songer à la normalisation pour réduire les coûts. Cette possibilité s'est manifestée seulement au début des années 70. Mais même si les ventes accrues avaient permis de réduire quelque peu les coûts, cette considération devenait très peu importante, compte tenu du faible taux d'intérêt qui prévalait alors et sur lequel Hydro-Ontario fondait ses décisions.

D'après Vernon, ed. (1974), Hydro-Ontario utilisait un taux d'intérêt nominal aussi faible que 3 % au milieu des années 60, tandis que Électricité de France fondait ses calculs sur un taux *réel* de 9 %. Les taux d'intérêt réels étant cinq fois plus élevés, l'entreprise française de services publics ne pouvait se permettre de négliger même de faibles écarts de coût en capital. Cette entreprise a donc rejeté l'éventualité d'un programme nucléaire jusqu'en 1971 pour ensuite choisir un réacteur à eau légère de conception américaine.

Pour l'EACL, le fait de miser ses efforts sur le marché ontarien représentait la voie la plus facile. Parce que l'Ontario utilisait un faible taux d'intérêt réel pour déterminer le coût en capital, la technologie nucléaire se révélait nettement supérieure à la production de l'électricité au charbon, et le faible écart qui pouvait exister entre les coûts associés aux réacteurs à eau légère et ceux du réacteur CANDU était jugé d'importance secondaire. L'adoption de la technologie CANDU offrait un avantage politique évident à l'Ontario, surtout que l'EACL continuerait de supporter la plus grande part des coûts de recherche appliquée.

Pour l'EACL, la solution de facilité n'a pas connu une fin heureuse. Pour avoir mis tous ses œufs dans le même panier, l'EACL a subi les conséquences réservées à toute entreprise qui poursuit une stratégie non diversifiée. Hydro-Ontario a influencé l'évolution du secteur de la production qui ne répondait qu'aux besoins d'une entreprise provinciale de services publics voulant exploiter des centrales construites selon ses exigences. La structure résultante du secteur de la production est donc mal adaptée à la concurrence internationale et à des efforts de vente à grande échelle. En ne s'empressant pas de se tailler un créneau solide sur les marchés internationaux, ce qui aurait été nécessaire sans la participation d'Hydro-Ontario, l'EACL a raté l'occasion de faire dominer la technologie CANDU sur les marchés mondiaux. L'EACL se retrouve donc dans une position moins enviable dans une partie hasardeuse où les enjeux sont énormes et les perspectives de gains minimes, voire inexistantes.

5 La stratégie de l'entreprise dans un marché en régression

Il est plus facile de pénétrer une nouvelle industrie que de prendre la décision de s'en retirer au moment indiqué et de la façon qui convient. Durant les années 60, l'engagement financier grandissant de l'État était certainement une position défendable, sinon opportune. Les dirigeants y voyaient l'énorme possibilité d'un rendement alléchant, allant même jusqu'à l'anticiper. Tout laissait indiquer que le marché international des réacteurs nucléaires devait connaître sous peu un essor fulgurant. Au milieu des années 60, l'accélération rapide des ventes de réacteurs aux États-Unis a donné l'impression que, même à cette époque, la production d'électricité par voie nucléaire était moins coûteuse que la production d'électricité par voie thermique. Même si le charbon demeurait la source d'énergie la moins coûteuse, il est certain que, à mesure que les fabricants et les exploitants de réacteurs nucléaires acquéraient de l'expérience et, par conséquent, élargiraient leurs connaissances, le charbon perdrait sa position dominante. Les coûts de la production d'électricité à l'énergie nucléaire continueraient à dégringoler, mais comme la production d'électricité par des centrales alimentées au charbon avait atteint le stade d'une technologie pleinement développée, la courbe d'apprentissage était à l'horizontale et le coût de la production devait se stabiliser. En effet, la législation relative à l'environnement adoptée aux États-Unis faisait peser sur l'industrie la menace d'une hausse sensible du coût du charbon avant la fin de la décennie. Par conséquent, les entreprises de services publics étaient pleinement justifiées de commander des centrales nucléaires, ne serait-ce que pour acquérir l'expérience nécessaire.

En dépit d'une grande concurrence, la Grande-Bretagne et la France semblaient marquer un temps d'arrêt dans la réalisation de leurs programmes nucléaires et l'Allemagne mettait beaucoup de temps à démarrer. Les producteurs américains semblaient se suffire amplement de leur marché intérieur, mais même leurs réacteurs nucléaires n'avaient pas encore été mis à l'épreuve. Aucun pays n'avait jusque-là construit un gros réacteur à eau légère ni avait fait la preuve de sa capacité à faire fonctionner une installation. Hydro-Ontario avait déjà choisi le réacteur CANDU de préférence à un réacteur à eau légère. Les dirigeants de cette société nous ont dit qu'à l'époque, ils avaient comparé les coûts et, à la suite de cet exercice, le choix s'est porté sur le réacteur CANDU. Aux yeux de l'EACL, le choix de Hydro-Ontario laissait présager une expansion du marché qui, en Ontario seulement, garantissait la prospérité d'une industrie orientée vers la construction de réacteurs nucléaires, dont la taille serait un gage d'efficacité, et permettrait de recouvrer les coûts de R-D. L'avenir du programme CANDU semblait donc assuré.

Le tableau idyllique que nous venons de brosser n'existe plus depuis au moins 10 ans. Néanmoins, l'État n'a pas cessé d'accroître son appui financier, bien que, en valeur réelle, cet appui ait atteint un sommet en 1973-1974. Mais, même si pendant 10 ans il a été évident que les perspectives d'avenir du CANDU étaient plutôt mauvaises, on n'a convenu d'aucune stratégie précise. S'il existe une stratégie délibérément établie, elle consiste à persévérer dans la voie empruntée dans l'espoir que, par l'effet du hasard, un réacteur sera commandé au cours de la prochaine décennie, et que le marché se redressera vers la fin des années 90.

Il n'est pas facile de supprimer graduellement les activités d'une industrie comme celle des réacteurs nucléaires. Les travaux à l'égard des réacteurs en voie de construction se poursuivront pendant encore six ou sept ans et l'infrastructure nécessaire pour entretenir ces réacteurs sera en demande encore pendant 40 ans. La décision de l'EACL de se retirer de l'industrie peut simplement se traduire, dans la réalité, par la réduction de ses opérations, la diminution des budgets affectés à la R-D et la mise au rancart de tout projet important visant à concevoir de meilleurs réacteurs du type CANDU, ou d'un autre type. Dans ces conditions, un éventuel retrait de l'industrie des réacteurs nucléaires pourrait se faire sans ameuter inutilement l'opinion publique. Pour indiquer qu'elle a cessé d'exercer ses activités sur le marché des réacteurs CANDU, l'EACL n'aurait qu'à réorienter son programme de recherche vers l'élimination des déchets radioactifs ou axer sa production sur les composantes des réacteurs « à eau légère » ou sur d'autres gammes de produits. Comme son budget de R-D sert en grande partie à payer les frais généraux qu'entraîne obligatoirement l'entretien des réacteurs CANDU actuellement en exploitation ou bientôt en service, son intention de cesser de mettre au point et de commercialiser des réacteurs CANDU n'a nullement besoin de faire l'objet d'une déclaration fracassante. Le

retrait de l'EACL pourrait amener à incorporer Hydro-Ontario à son organisation les services de l'EACL qu'elle juge indispensables pour entretenir les réacteurs qu'elle construit. Une telle mesure amènerait le gouvernement du Canada à réduire dans l'ensemble ses efforts pour assurer la survie de cette industrie apparemment en déclin.

Les aspects de la régression de la demande de réacteurs nucléaires

Quelles sont les perspectives, tant à court terme qu'à long terme, de la production d'électricité par voie nucléaire en général, et des réacteurs CANDU en particulier ? La plupart des prévisions du marché que nous reproduisons dans le présent document ont été établies par Evans et Hope (1983) et remontent à l'année 1983. D'après les données du tableau 5-1, on peut prévoir, entre les années 1985 et 2000, une hausse d'au maximum 400 GW et d'au minimum 200 GW de la capacité installée totale dans le monde. Comme les commandes pour la majeure partie de la capacité installée qui sera exploitée à compter de 1990 auront déjà été effectuées, on estime que les besoins de capacité supplémentaire durant la prochaine décennie s'établiront entre 163 GW et 365 GW. Si la part des marchés mondiaux occupée par le Canada se stabilisait à 5 %, notre pays recevrait, au cours des 15 prochaines années, des commandes pour la prestation d'une capacité de production oscillant entre 8 GW et 18 GW. Autrement dit, il serait appelé à construire au minimum neuf réacteurs de 850 MW et, au maximum, 21 réacteurs de cette puissance.

Si les estimations de Evans et Hope (1983) concernant le Canada peuvent servir de guide afin de déterminer l'exactitude de leurs estimations pour d'autres pays, leurs résultats semblent néanmoins avoir été surestimés. Au Canada, la capacité installée atteindra 15 GW après la fin, en 1992, des travaux de construction de la centrale à Darlington. Si l'estimation de la capacité installée en l'an 2000 faite par Evans et Hope s'avère juste, on aura besoin, avant 1995, d'une capacité supplémentaire de seulement 3 GW à 8 GW. On peut certainement affirmer aujourd'hui que l'estimation la plus faible est plus près de la valeur moyenne la plus vraisemblable. Le Canada ne recevra des commandes de réacteurs CANDU que si les entreprises de services publics vendent à leurs homologues américains l'excédent d'électricité, produite par des centrales nucléaires et des centrales classiques, dont elles disposent. Dans ce cas, il est plus approprié de parler d'espoir que de perspective.

D'après les données obtenues par Evans et Hope et reproduites dans le tableau 5-2, l'avenir de la filière CANDU semble encore moins prometteur. Même des pays comme l'Argentine, l'Égypte et le Mexique, dans lesquels nous avons effectué une percée, ne constitueront pas une clientèle importante. En effet, la demande provenant de l'ensemble des pays du monde non communiste qui ne sont pas membres de l'OCDE sera modérée puisqu'elle atteindra entre 18 GW et 59 GW. En outre, elle proviendra en grande partie de pays comme l'Inde, la Corée, Taiwan, le Brésil et l'Afrique du Sud. Le Canada devrait plutôt compter sur les commandes de la Corée. (Cet espoir s'est récemment évaporé quand la Corée, rejetant une soumission de l'EACL, a renouvelé sa confiance dans les réacteurs à eau légère.) Si l'on tient compte de la « vente » de réacteurs à la Roumanie, dont les aspects sont très complexes, et des ventes éventuelles à la Turquie, le Canada devra maintenant convaincre des pays de l'Europe de l'Est ou la Chine d'opter pour ses réacteurs. Ces marchés demeurent restreints et, de ce fait, la concurrence y est féroce. Par exemple, la France est en mesure de vendre chaque année entre six et huit réacteurs à eau légère depuis qu'elle a comprimé son programme nucléaire destiné au marché intérieur. (L'édition du 19 novembre 1984 du *Globe and Mail*, p. b3, révélait que Électricité de France commanderait seulement une centrale nucléaire en 1985 et en 1986 respectivement.) Il semblerait que la France soit en mesure de vendre ses réacteurs à un prix d'environ 30 % inférieur à celui qu'exige l'EACL, bien que l'on ne sache pas de façon certaine si ce chiffre englobe les dépenses qu'occasionne la production d'eau lourde dans le cas du réacteur CANDU. Les faibles coûts d'exploitation des réacteurs CANDU donnent à ceux-ci une longueur d'avance sur les autres types de réacteurs; cependant, il est impossible de préciser si cet avantage a suffisamment de poids pour compenser le coût en capital élevé de ces réacteurs. Il ne faudrait pas non plus sous-estimer la concurrence que peut exercer l'industrie américaine. Bien que des hausses irrépressibles de coûts aient fait un tort considérable aux réacteurs américains, les coûts de la mise au point de certains réacteurs aux États-Unis ont été équivalents, sinon inférieurs, aux coûts déclarés de la construction de réacteurs en France. À l'heure actuelle, la société GE tente de faire approuver un réacteur à eau bouillante de sixième génération, dans l'espoir de le commercialiser principalement à l'étranger. Si l'on tient compte de la concurrence à laquelle fait face la technologie CANDU, on pourrait considérer comme une réussite extraordinaire le fait d'accaparer 10 % du marché, ce qui signifierait la mise en place d'une capacité de production de 1,8 GW à 5,9 GW sur une période de 10 ans.

D'autres prévisions sont encore plus pessimistes. Dernièrement, la société Westinghouse prévoyait que,

dans le monde entier, en dehors de marchés captifs comme ceux de la France, du Canada et de l'Europe de l'Est, seulement 24 réacteurs de 1 200 MW seraient nécessaires d'ici l'an 2000. Si elle dit vrai, comme le Canada occupe 5 % du marché international grâce à la filière CANDU, il recevrait donc de pays d'outre-mer seulement deux commandes de réacteurs de 850 MW (« Westinghouse Expects Nuclear Power Revival », dans *The Globe and Mail*, Report on Business, le 9 octobre 1984). Ce nombre est de beaucoup inférieur à l'estimation faite par Secor Inc. en 1981, tel que mentionné par Lortie et Schweitzer dans leur étude (1981). Secor Inc. prévoyait que les ventes de réacteurs en l'an 2000 représenteraient une capacité de production de 32 GW.

Tableau 5-1

L'évolution des projections de la capacité de production d'énergie nucléaire jusqu'en 1985 et 1990

	Source des données	Année de la projection	Capacité projetée (en GW) 1985	1990
Amérique du Nord	1	1972	295	539
	2	1975	223	426
	3	1977	125-157	214-287
	4	1979	112-134	177-214
	5	1980	96-119	138-156
	(Evans et Hope)	1983	84-105	113-135
Europe occidentale	1	1972	184	373
	2	1975	165-212	264-380
	3	1977	107-146	195-273
	4	1979	100-113	166-209
	5	1980	94-94	142-157
	(Evans et Hope)	1983	81-95	109-127
OCDE – Région du Pacifique	1	1972	63	106
	2	1975	49	85
	3	1977	27-40	50-80
	4	1979	26-33	45-60
	5	1980	28-30	51-53
	(Evans et Hope)	1983	20-23	27-33
Pays en développement	1	1972	25	50
	2	1975	46	114
	3	1977	19-25	45-60
	4	1979	19-23	45-50
	5	1980	14	30-33
	(Evans et Hope)	1983	10-15	19-23
Monde non communiste	1	1972	567	1 068
	2	1975	479-530	875-1 004
	3	1977	278-368	504-700
	4	1979	257-303	434-534
	5	1980	232-258	361-399
	(Evans et Hope)	1983	194-238	268-331

SOURCE Evans et Hope (1983), p. 10.

Tableau 5-2

Capacité de production d'énergie nucléaire installée nette, réelle et prévue, par pays, certaines années, 1978-2000
En gigawatts

			1985		1990		2000	
	1978	1982	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Canada	5,5	7,0	9,0	10,1	11,6	13,3	18	23
États-Unis	55	63	75	95	101	135	130	180
Autriche	–	–	–	–	–	–	–	0,7
Belgique	1,7	3,5	4,5	5,5	5,5	5,5	5,5	8
Finlande	0,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3	4
France	4,6	23,2	35	40	50	56	70	90
Allemagne	5,6	9,8	12,6	16	19	23	28	40
Italie	1,4	1,3	1,3	1,3	2	3	7	12
Pays-Bas	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	3
Espagne	1	2	5	7,5	7,5	11,5	12,5	20
Suède	3,7	7,4	7,4	9,5	9,5	9,5	7	12
Suisse	1	2	3	3	3	4	4	5
Royaume-Uni	5,8	5,8	9	9	10	11,5	10	17
Autres pays de l'Europe occidentale	–	–	–	–	–	–	3	10
Japon	11	17	20	23	27	33	60	95
Australie et Nouvelle-Zélande	–	–	–	–	–	–	–	2
Pays membres de l'OPEP	–	–	–	–	–	–	–	2
Argentine	0,4	0,4	1,0	1,0	1,7	1,7	2,7	3,7
Brésil	–	0,6	0,6	0,6	2	3	4,5	7
Égypte	–	–	–	–	–	–	2	5
Inde	0,6	0,8	1,3	1,5	1,7	2,6	7	10
Corée	0,6	0,6	1,8	3,6	5,4	7,2	11	18
Mexique	–	–	–	1,3	1,3	1,3	3	7
Philippines	–	–	–	0,6	0,6	0,6	0,6	1,2
Afrique du Sud	–	–	1,8	1,8	1,8	1,8	3	6
Taiwan	0,6	3,1	3,1	4,9	4,9	4,9	7,5	14
Autres pays non industrialisés	–	–	–	–	–	–	2	7
Total pour le monde non communiste	99	150	194	238	268	331	401	603

SOURCE Evans et Hope (1983), p. 11.

La société Secor Inc. a calculé, par extrapolation, la demande pour la période 2000-2020 (voir les tableaux 4-6 et 5-3) et est parvenue à la conclusion qu'elle triplerait par rapport à la demande observée au cours des 20 années qui s'écouleront entre 1980 et l'an 2000. Ces prévisions proviennent de l'Évaluation internationale du cycle du combustible nucléaire. Ces estimations sont-elles fiables ? Il serait difficile même de le supposer. On s'attend

Tableau 5-3

Comparaison entre les prévisions de commandes de réacteurs nucléaires en Ontario et la capacité de production du marché international jusqu'à l'an 2000

En gigawatts

	Puissance installée en l'an 2000	
	Marché international	Ontario[1]
1974	4 000[2]	
1977	1 543[3]	80,0
1978	1 400[3]	50,0
1981	800[3]	28,0
1982		16,7

1 Hooker et coll. (1981), p. 55.
2 D'après le document *Une stratégie de l'énergie pour le Canada*, Ottawa, Imprimeur de la Reine, 1976, p. 68.
3 Lortie et Schweitzer (1981), plusieurs pages.

à un rebondissement du marché, étant donné l'accumulation rapide depuis la guerre de la capacité de production d'électricité. Même si la tendance actuelle devait se maintenir, c'est-à-dire si l'utilisation de l'électricité devait progresser plus lentement que durant les décennies précédentes, la demande de remplacement devrait continuer à soutenir le marché. Les centrales en exploitation aux États-Unis sont en place depuis en moyenne 15 ans; même si on fixe leur durée utile à 50 ans, des installations d'une puissance totale d'environ 100 GW seront commandées avant la fin du siècle dans le seul but de les remplacer (Luce, 1983). Si les besoins en électricité devaient augmenter de seulement 1,5 % par année, il faudra alors fournir une puissance supplémentaire de 62 GW. Si le taux de croissance de la demande régresse et se stabilise sur une longue période à aussi peu que 3,4 % (ce qui représente la moitié de 7 %, le taux moyen en vigueur pendant 40 ans), il faudra alors fournir une puissance supplémentaire de 340 GW. Bien entendu, la demande ne visera pas nécessairement uniquement les réacteurs nucléaires. Les coûts comparés de l'utilisation du charbon et de l'utilisation d'uranium pèsent lourd dans la décision de construire une centrale nucléaire. Outre ces considérations, il est assez extraordinaire de constater que, aux États-Unis, 25 % de la capacité installée de production d'électricité est encore alimentée au pétrole ou au gaz naturel. Cela s'explique par la faiblesse des prix du pétrole et du gaz avant 1973. Enfin, de nombreux réacteurs nucléaires construits et mis en service durant les années 70 cesseront d'être exploités vers l'an 2010. Des installations de remplacement seront commandées à la fin du siècle. La construction de centrales nucléaires dans d'autres pays industrialisés a évolué dans la même direction. En outre, étant donné que les prix du pétrole et du gaz naturel étaient souvent inférieurs au prix du charbon avant 1973, il faudra remplacer de nombreuses centrales alimentées par ces combustibles.

En dernière analyse, le marché américain est celui qui offre les meilleures perspectives pour le Canada; c'est aux États-Unis que de multiples centrales fort coûteuses et en place depuis longtemps, seront remplacées à la fin de la présente décennie et dans les premières décennies du prochain siècle. Cependant, c'est également aux États-Unis, qui possèdent du charbon en abondance et où l'industrie de la construction de réacteurs nucléaires est saturée, que la technologie CANDU tarde encore à se faire reconnaître.

Les types de réacteurs concurrents

La décision de ne plus mettre en branle de projets de recherche, de conception et de démonstration afin d'améliorer les réacteurs CANDU et les réacteurs concurrents équivaut en fait à se retirer de l'industrie. Si ces activités ne se poursuivent pas à un rythme acceptable au cours de la prochaine, ou des deux prochaines décennies, l'apparition d'autres types de réacteurs anéantira tout espoir pour la filière CANDU de se trouver un marché. Les courbes d'apprentissage et d'expérience sont des notions très réelles pour les producteurs de réacteurs nucléaires et les sociétés qui se chargent de leur exploitation. En outre, les réacteurs à eau légère seront sans cesse perfectionnés et la commercialisation des nouveaux types de réacteurs, actuellement à l'étape de la conception ou de la démonstration, pourrait devenir intéressante (voir Weinberg et Spiewak, 1984; Gould, 1984; et Wakstein, 1978). À moins que l'EACL ne reste au fait des progrès techniques dans le perfectionnement de la filière CANDU, on peut même concevoir que Hydro-Ontario s'adressera à des producteurs étrangers pour mettre au point la prochaine génération de réacteur canadiens. Il n'est pas non plus impossible que, par suite du perfectionnement des techniques de désulfuration, le charbon ne constituera pas un concurrent sérieux de l'uranium dans la production de l'énergie électrique.

Le ministère du Commerce international et de l'Industrie du Japon coordonne présentement un programme national dans le cadre duquel GE, Westinghouse, des fabricants de réacteurs nucléaires et des entreprises de services publics au Japon se réuniront afin de concevoir des réacteurs à eau légère d'avant-garde (voir également Marcus, 1983; Lester, 1983; et un article dans *The Economist*, le 6 février 1982). Aux États-Unis, le MIT réalise un programme de recherche appelé en anglais *The Light-Water Innovation Project* (Golay, 1984). Les scientifiques suédois étudient à l'heure actuelle une version modifiée du réacteur à eau légère qui porte en anglais le nom de *Process Inherent Ultimate Safety (PIUS)*. Ce système a pour but d'étendre à une semaine la période de rémission, advenant une perte de liquide de refroidissement dans le cœur du réacteur. À Three-Mile Island, le cœur du réacteur a commencé à fondre deux minutes après la perte de liquide de refroidissement (Freeman, 1983).

L'Allemagne fait actuellement la démonstration d'un réacteur à haute température refroidi au gaz de 300 MW qui fait partie de la catégorie des réacteurs à lit de boulets. Aux États-Unis, Gas-Cooled Reactors Associates, une société appartenant à 30 entreprises de services publics, travaille à la mise au point d'un réacteur à haute température refroidi au gaz. Lidsky (1984) a signalé que, de l'avis d'un groupe de professeurs du MIT, ce type de réacteur, refroidi à l'hélium, est un nouveau produit qui risque de faire fureur sur les marchés. Lidsky entrevoit déjà la construction de ces réacteurs en usine. Chaque réacteur de 100 MW serait transporté par camion jusqu'à l'emplacement de la centrale. Toute perte économique résultant de la petite taille de chaque unité serait compensée par les avantages de la *production en série* et par une diminution des coûts du fonctionnement sur place des réacteurs sur lesquels on a peu de prise. La qualité serait mieux protégée et le vendeur pourrait offrir des modules à des prix prédéterminés. En outre, l'achat d'unités permettrait aux entreprises de services publics d'adapter davantage leur capacité de production à leurs besoins en énergie et atténuerait la gravité d'un accident. On peut concevoir qu'une panne pourrait survenir dans un module sans pour autant influer sur le fonctionnement du reste de la centrale. Outre ces avantages, le réacteur à haute température refroidi au gaz serait en lui-même beaucoup plus sûr et un accident comme la fusion du cœur du réacteur ne se produirait que plusieurs heures après une fuite de liquide de refroidissement. Les systèmes de sécurité sont encore plus perfectionnés dans le réacteur à « lit de boulets ».

Les divers types de réacteurs mentionnés ci-dessus, qui se profilent maintenant à l'horizon, illustrent simplement quelques-uns des projets de R-D en cours. Les entreprises GE et Westinghouse poursuivent leurs activités. Les programmes de mise au point de « réacteurs surrégénérateurs rapides » progressent; la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni ont dernièrement fait part de leurs intentions de construire trois nouveaux réacteurs (voir Collingridge, 1984*a*; Chow, 1977; Dickson, 1982 et 1984; Marshall, 1982; Young, 1984; Cochran, 1974; États-Unis, Department of Energy, 1982; *Business Week*, le 6 septembre 1982; et *New Scientist*, le 30 septembre 1982). La recherche se poursuit également dans le domaine de l'énergie nucléaire de fusion. Néanmoins, les activités de commercialisation sont surtout centrées sur les réacteurs de fission de types plutôt classiques parce que le prix de l'uranium reste à un bas niveau et les réserves sont abondantes. La durée plus longue que prévue du réacteur de fission traduit la volonté des pays et des entreprises d'investir dans la mise au point de nouveaux concepts améliorés.

Les réacteurs CANDU devront certainement céder du terrain aux réacteurs concurrents dans environ 10 ans, moment où l'on prévoit que le marché sortira de sa torpeur. Étant donné les perspectives commerciales à long terme de la filière CANDU, est-il justifié que l'État procède à de nouveaux investissements ? Cette question revêt une importance cruciale pour le gouvernement, parce que si le Canada ne fait pas le minimum pour se maintenir à la hauteur, quelles que soient les tendances du marché, la technologie CANDU sera devenue désuète. Cependant, avant de se lancer dans un nouveau programme d'investissement, il y aurait lieu d'examiner les perspectives d'une recrudescence de la demande. Les prévisions optimistes face à l'avenir de l'industrie nucléaire au Canada et ailleurs dans le monde ont été contredites par une longue série d'échecs. Dans les quelques parties qui suivent, nous évaluerons les marchés éventuels qui s'offriront à l'EACL.

La comparaison entre le charbon et l'uranium : l'énergie nucléaire est-elle concurrentielle ?

Tout analyste qui s'attelle à la tâche de déterminer l'évolution future du marché des réacteurs nucléaires doit en outre évaluer non seulement la force des concepteurs de réacteurs concurrents, mais aussi le retour du charbon parmi les combustibles concurrents et nécessaires à la production d'électricité. Quel que soit le type de réacteur retenu, le charbon est le principal rival de l'uranium pour la production de la charge de base. La rentabilité de la production de l'électricité en utilisant le charbon comme combustible est un facteur déterminant de reprise dans le marché des réacteurs nucléaires. Pendant les années 60 et jusqu'en 1975, on pensait que l'électricité produite à

l'énergie nucléaire était beaucoup moins coûteuse que l'électricité produite au charbon. Cette notion n'a plus cours aux États-Unis. Ce revirement d'opinion est la conséquence de la hausse effarante des coûts en capital (13 % par année) et du rendement plus que décevant des centrales nucléaires déjà en exploitation.

L'analyse de Hydro-Ontario

Dans tous les autres pays du monde, y compris le Canada, l'énergie nucléaire a toujours la cote. Par exemple, en 1981, Hydro-Ontario a fait valoir que les coûts d'exploitation d'une centrale au charbon, cumulés pendant la durée utile de celle-ci, étaient de 2,14 fois plus élevés que ceux d'une centrale nucléaire CANDU de taille équivalente (Hydro-Ontario, rapport n° 62058, 1981, p. 4). Ce chiffre élevé a été ramené à 1,46 dans une étude ultérieure (Hydro-Ontario, rapport n° 620SP, décembre 1982). Les deux études avaient pour but de calculer la totalité des coûts de construction et d'exploitation de la centrale échelonnés sur 40 ans à partir de 1995, en valeurs actualisées. Les résultats obtenus reposent sur l'hypothèse selon laquelle 80 % seulement de la puissance totale des centrales au charbon et des centrales nucléaires était utilisée. Cependant, à supposer que le facteur d'utilisation régresse, ce qui serait à l'avantage de la centrale au charbon puisqu'on aurait moins besoin de combustible, l'énergie nucléaire demeure toujours et de loin préférable au charbon.

L'analyse de l'OCDE

Dans une étude publiée en 1983 (et mentionnée dans la bibliographie [OCDE, 1983*b*]), l'OCDE signale que l'écart entre l'énergie nucléaire, qui vient en tête, et le charbon oscille entre 29 % et 75 %. Dans le centre des États-Unis (la région de Chicago), les coûts de la production d'électricité au moyen d'énergie nucléaire égalent tout juste les coûts de la production d'électricité au moyen de charbon. Sur la base d'un taux d'actualisation réel de 10 %, l'avantage que détient l'énergie nucléaire sur le charbon en Europe varie, semble-t-il, entre 9 % et 31 %, sauf en France, où il se situe à 50 %. Aux États-Unis, la production d'électricité à l'énergie nucléaire coûte 20 % de plus que la production d'électricité à l'énergie thermique. Au Canada, pour je ne sais quelle raison, les coûts de la production d'électricité par l'énergie nucléaire sont de 14 % moins élevés que les coûts de la production d'électricité au charbon, même à un taux d'actualisation réel de 10 %. Ces comparaisons sont faites à partir de statistiques de 1981 probablement périmées. Deux études menées en Ontario mettent en évidence la variabilité de ces prévisions puisque, en une seule année, l'écart qui séparait l'énergie nucléaire, qui détenait la première place, et le charbon, qui venait en second, a presque diminué de moitié. Dans son rapport, l'OCDE s'est fondée, pour évaluer la situation au Canada, sur l'étude menée en 1981 par Hydro-Ontario, qui signalait que les coûts en capital d'une centrale nucléaire correspondaient seulement à 109 % de ceux imputables à une centrale fonctionnant au charbon. En décembre 1983, Hydro-Ontario a porté son estimation à 134 %. Par suite de cette prévision à la hausse des données de l'OCDE, le charbon deviendrait une alternative plus intéressante pour le Canada.

Comme nous l'avons vu, Hydro-Ontario a montré dans son étude (rapport n° 6205, décembre 1982) que l'énergie nucléaire devançait de loin le charbon. Moyennant un facteur d'utilisation de 80 % pour les deux types de centrales, les coûts de la centrale au charbon dépassaient, en valeur courante au moment de la mise en service, de 46 % ceux de la centrale nucléaire. Même si l'on ramenait le facteur d'utilisation moyenne à 60 %, l'écart entre les coûts était alors de 33 %, toujours au profit de l'énergie nucléaire.

Comment Hydro-Ontario peut-elle conclure à la supériorité évidente de l'énergie nucléaire sur le charbon, tandis que l'OCDE, utilisant les mêmes données, brosse un tableau passablement différent ? Les résultats contradictoires s'expliquent par le fait que Hydro-Ontario a utilisé un taux d'actualisation réel d'environ 2 % en 1981, tandis que l'OCDE a appliqué à la fois des taux d'actualisation réels de 5 % et de 10 %. Sur la base d'un taux réel de 5 %, l'avantage que détenait l'énergie nucléaire est passé de 114 % à 42 % (OCDE, 1983, p. 26) dans le centre du Canada. Ce pourcentage reste néanmoins élevé si on le compare avec ceux qui sont obtenus dans la plupart des pays de l'Europe. Bien entendu, il est beaucoup plus près des résultats obtenus par Hydro-Ontario dans son étude de 1982. Il n'y a rien d'étonnant à cela, puisqu'en 1982, Hydro-Ontario a fixé le taux d'actualisation réel à 4,5 %[1].

Même l'OCDE laisse de nombreuses questions sans réponse et jette par ailleurs un éclairage étonnant sur l'influence de groupes d'intérêts sur le milieu politique. Par exemple, le charbon en provenance de l'Allemagne est vendu au prix de 85,6 ECU/tonne (en janvier 1981), contre 51,4 ECU/tonne pour le charbon importé. Néanmoins, les calculs selon lesquels l'énergie nucléaire est la source d'énergie la plus appropriée en Allemagne sont fondés sur le fait que le charbon satisfait à la moitié des besoins intérieurs en énergie. De même, le prix du

charbon au Royaume-Uni est fixé à 72,0 ECU/tonne, tandis qu'il atteint seulement 51,2 ECU/tonne et 49,8 ECU/tonne en France et en Italie respectivement. La position dominante de l'énergie nucléaire en Allemagne et au Royaume-Uni repose essentiellement sur le maintien d'un prix artificiel pour le charbon utilisé dans les nouvelles centrales au charbon. Cette situation est vraiment ironique, même si elle est tout à fait réaliste sur le plan politique. Les centrales nucléaires remplaceront peut-être les centrales au charbon parce que les prix du charbon sur les marchés intérieurs du Royaume-Uni et de l'Allemagne sont supérieurs de 40 % à 52 % au prix en vigueur sur le marché international.

Il ne faut pas se surprendre que l'OCDE conclut à la supériorité de l'énergie nucléaire sur le charbon, étant donné les prix élevés attribués au charbon dans l'étude et le coût auquel est évaluée la construction de centrales au charbon. D'après l'étude, pour une quelconque raison, la construction d'une centrale au charbon entraîne des coûts beaucoup plus élevés en Europe qu'au Canada. Une centrale construite en Grande-Bretagne coûte 1 372 ECU/kW et en France, 655 ECU/kW, même si les deux centrales ne disposent pas d'un matériel de désulfuration. La construction au Canada d'une usine comparable, dotée d'un matériel de désulfuration (qui augmente d'environ 20 % le coût en capital) coûte seulement 449 ECU/kW. Il ne fait aucun doute que l'analyse du coût de construction de centrales alimentées au charbon, qui démontre la supériorité écrasante de l'énergie nucléaire, est discutable. Si l'OCDE n'a pas fait fausse route dans ses estimations de coûts, la supériorité de l'énergie nucléaire en Europe est alors imputable en grande partie aux distorsions introduites dans le prix du charbon et dans le coût de la construction de centrales au charbon. Par contre, si ces estimations sont tout bonnement gonflées, nous avons entièrement raison de mettre en doute la véracité des rapports qui semblent avoir pour but de démontrer la supériorité de l'énergie nucléaire sur le charbon.

La plupart des pays en Europe prédisent que le prix du charbon augmentera, en valeur réelle, de 2 % par année, soit à un rythme plus accéléré que celui auquel s'accroît le prix de l'uranium. Cette hypothèse, également discutable, contribue à dénigrer le choix d'une centrale au charbon.

Il semble que l'on puisse davantage se fier aux données indiquées dans les études de Hydro-Ontario concernant le coût en capital initial engagé dans la construction de centrales au charbon et de centrales nucléaires qu'aux chiffres fournis pour l'Europe par l'OCDE. Néanmoins, même en Ontario, la supériorité de l'énergie nucléaire sur le charbon est loin d'être évidente.

Les résultats d'une analyse faite aux États-Unis

On ne peut que mettre en doute les conclusions de Hydro-Ontario quand on examine les statistiques comparables obtenues aux États-Unis pour la ville de Chicago. Dans l'étude de l'OCDE, malgré le fait que les coûts attribués à l'utilisation du charbon soient manifestement gonflés, l'énergie nucléaire arrive tout juste à égalité avec le charbon quand le taux d'actualisation réel est de 5 %, et est surpassée par le charbon, quand ce taux est porté à 10 %, étant donné qu'elle coûte alors environ 20 % de plus que le charbon. En outre, si l'on se fie à bien d'autres études réalisées aux États-Unis, l'avantage du charbon sur le nucléaire est supérieur à 20 %. Dans des travaux récents, Hellman et Hellman (1983) ont observé que l'énergie nucléaire n'était pas une option aussi avantageuse que ne l'auraient laissé croire quatre importantes études comparatives menées aux États-Unis. L'énergie nucléaire s'est classée première dans les quatre études, obtenant les résultats suivants : 1,60; 1,24; 1,15; et 1,06. Hellman et Hellman ont corrigé les rapports contenus dans les quatre études et ont obtenu 0,78; 0,71; 0,57; et 0,50; ce qui mettait le charbon en première place. Après ces corrections, le coût de la production d'électricité au charbon correspondait à aussi peu que la moitié du coût de la production d'électricité à l'énergie nucléaire.

Les taux d'intérêt réels utilisés par Hydro-Ontario

Hydro-Ontario (1982) s'est prononcée en faveur de l'énergie nucléaire de préférence au charbon, malgré une hausse du coût en capital d'une centrale nucléaire, principalement parce qu'elle utilisait les taux d'actualisation nominaux suivants : 1982-1985, 17 %; 1986-1987, 16%; 1988-1989, 15 %; 1991-1995, 14 %; 1996-2000, 13 %; et 2000-, 12 %.

La société supposait que le taux réel était de 4,5 % (p. 9), tandis que, dans un rapport antérieur (Hydro-Ontario, 1981), elle appliquait un taux réel de seulement 2 %. Hydro-Ontario a supposé dans l'étude qu'elle a faite ultérieurement que le taux d'inflation oscillerait entre 10 % et 12 % jusqu'en 1995, qu'il se maintiendrait à 8,5 % jusqu'à l'an 2000 pour ensuite revenir à 7,5 % jusqu'à la fin de la durée utile (35 ans) de la centrale.

L'utilisation d'un faible taux d'intérêt réel rend nettement plus intéressante l'option de l'énergie nucléaire. Par rapport à une centrale au charbon, la centrale nucléaire présente des coûts d'alimentation en combustible plus

faibles et des coûts en capital plus élevés. Ces deux facteurs sont à l'origine de la position dominante de l'énergie nucléaire. Par contre, l'inflation ne devrait pas, en principe, influer sur le choix entre la production d'électricité à l'énergie nucléaire et la production d'électricité au charbon, à moins que celle-ci ne modifie les prix relatifs du charbon et de l'uranium. Dans le contexte d'un taux d'inflation élevé, une entreprise de services publics qui opte pour une centrale alimentée au charbon réalisera des économies au titre du financement qui compenseront la hausse future du prix du charbon. Cela suppose que les taux d'intérêt courants comprennent le taux d'inflation prévu. Si tel est le cas, les frais d'intérêt supplémentaires qu'occasionne le coût en capital initial plus élevé de la centrale nucléaire feront contrepoids aux coûts d'alimentation en combustible supérieurs de la centrale au charbon.

Cependant, l'inflation aura un effet certain si le régime fiscal ne corrige pas les données pour tenir compte de ce phénomène. Étant donné que Hydro-Ontario ne paie pas d'impôt, aucune distorsion n'est introduite en utilisant la valeur comptable pour calculer l'amortissement pendant toute la durée utile du réacteur. Si les amortissements faits dans les premières années étaient versés dans un fonds de façon à produire de l'intérêt, cela permettrait d'annuler les coûts d'inflation et de remplacer la centrale à la fin de sa durée utile. Cependant, dans le cas des entreprises privées de services publics, le taux d'imposition des bénéfices des sociétés introduirait une grave distorsion. Quand les taux d'inflation sont élevés, la méthode de l'amortissement linéaire donne lieu à une exagération des profits dans les premières années, augmentant de ce fait les dépenses fiscales. À la fin de la durée utile de la centrale, les fonds accumulés provenant des amortissements auxquels on aura déduit l'impôt supplémentaire ne suffiront pas à défrayer le coût de remplacement.

Ces régimes fiscaux différents peuvent être l'une des raisons pour lesquelles les entreprises privées de services publics aux États-Unis ont délaissé l'énergie nucléaire, tandis que Hydro-Ontario continue de privilégier cette forme d'énergie. Cet aspect mérite d'être examiné plus à fond parce que l'on pourrait bien assister à une recrudescence de la demande en énergie nucléaire de la part d'entreprises privées de services publics aux États-Unis s'il advenait une diminution du taux d'inflation ou encore une réforme de la fiscalité des entreprises.

L'étude de Hydro-Ontario nous renseigne sur la sensibilité du coût de la production d'électricité à des variations des prix relatifs du charbon et de l'uranium. Par exemple, si l'augmentation du prix du charbon est inférieure de 20 % à l'augmentation prévue, l'avantage attribué à l'énergie nucléaire, moyennant un facteur d'utilisation moyenne de 80 %, chuterait de 46 % à 17 %.

Par conséquent, deux facteurs peuvent influer fortement sur les évaluations de l'avantage relatif de l'énergie nucléaire par rapport au charbon. Il s'agit du taux d'intérêt réel et le prix relatif du charbon par rapport à l'uranium. D'après les données du tableau 5-4, Hydro-Ontario est disposée à accroître sa capacité de production d'électricité par l'énergie nucléaire plutôt que thermique et ce, au coût de 1 127 $/kW (en dollars de 1995); elle espère ainsi économiser environ 6 373 $ (en dollars de 1995). Il s'agit certainement d'un investissement sain. Cependant, si le taux d'inflation régressait de 7,5 % à 4,5 % et si le coût du financement demeurait stable à 12 %, ce qui représente un accroissement du taux réel de 3 points de pourcentage, l'économie escomptée serait alors ramenée à 3 195 $. Si la hausse du prix du charbon était inférieure de 2 points de pourcentage à l'augmentation du prix de l'uranium, l'économie réalisée atteindrait à peine 1 409 $.

En dépit de ces avertissements, Hydro-Ontario conclut que la production d'électricité par voie nucléaire semble constituer en Ontario un investissement plus profitable que la production d'électricité au moyen de charbon.

Les évaluations du ministère de l'Énergie, des mines et des ressources

Dans une étude réalisée il n'y a pas si longtemps (EMR, 1981*b*), le gouvernement a entrepris de remettre en perspective l'étude de Hydro-Ontario. Contrairement à Hydro-Ontario, le ministère de l'Énergie, des mines et des ressources a calculé la valeur réelle des coûts et des avantages. Il a supposé que le taux d'inflation était nul et a attribué à l'uranium et au charbon les prix de 1978. Compte tenu d'un taux d'actualisation réel de 4 % et d'un facteur d'utilisation moyenne de 80 %, la comparaison entre l'énergie nucléaire et le charbon a été à l'avantage de l'énergie nucléaire dans une proportion de 170 %. En supposant un taux d'actualisation réel de 10 %, cet avantage a chuté à 117 %. Pour une raison quelconque, le Ministère n'a pas inclus le coût d'option du capital pendant la construction. S'il l'avait fait, plus de 500 millions de dollars auraient été ajoutés à l'option de l'énergie nucléaire et à peine moins de 200 millions de dollars, à celle du charbon, moyennant un taux réel de 10 %.

Tableau 5-4

Rapports hypothétiques entre le coût d'utilisation du charbon et le coût d'utilisation de l'énergie nucléaire pour des fins de production d'électricité, Hydro-Ontario
En dollars de 1995

	Coûts par kilowatt, moyennant un facteur d'utilisation de 80 %		Coût supplémentaire d'une centrale alimentée au charbon	Rapport entre le coût du charbon et le coût de l'énergie nucléaire
	Énergie nucléaire	Charbon		
Coût en capital	5 534	4 134	1 400	
Coûts d'exploitation annuels (à l'exclusion des dotations aux amortissements et des frais de financement)	224,24	576	(351)	
Valeur actuelle des coûts d'exploitation[1] (1985 en dollars de 1995)	4 310	11 019		
Coût total	9 852	15 359	5 507	1,54
Valeur actuelle des coûts d'exploitation[2] (1985 en dollars de 1995)	2 929	7 532		
Coût total	8 463	11 666	3 203	1,37
Valeur actuelle des coûts d'exploitation[3] (1985 en dollars de 1995)	2 929	5 736		
Coût total	8 463	9 870	1 407	1,17

NOTE Hypothèses applicables aux trois scénarios.
1 On suppose un taux d'inflation de 7,5 % et un taux d'intérêt nominal de 12 %.
2 On suppose un taux d'inflation de 4,5 % et un taux d'intérêt nominal de 12 %.
3 Le taux d'intérêt nominal s'élève à 12 % et les taux d'accroissement des prix de l'uranium et des prix du charbon s'élèvent respectivement à 4,5 % et à 2 %.
SOURCE Calculs de l'auteur à partir de données extraites de J. V. C. Fong, J. Basu Roy, G. N. Mochand et G. F. McIntyre, *Cost Comparison of CANDU Nuclear and Coal-Fuelled Generating Stations*, rapport n° 620SP, Toronto, Hydro-Ontario, 1982.

D'aucuns s'étonneront peut-être qu'aucune conclusion définitive ne puisse être tirée à propos des coûts d'utilisation relatifs de l'énergie nucléaire par rapport au charbon. Certes, pendant la vague de prospérité qui a déferlé à la fin des années 60 et début des années 70, on savait peu de choses sur les coûts véritables d'un réacteur nucléaire, sur le degré d'utilisation optimal de la centrale ou même sur la durée utile d'une centrale. On est maintenant mieux renseigné sur la fiabilité des centrales nucléaires et leurs coûts d'exploitation; l'avantage ou le désavantage de l'énergie nucléaire par rapport au charbon doit être évalué en fonction des estimations des taux d'intérêt réels et des prix relatifs du charbon et de l'uranium calculés sur une période de 50 ans. Par conséquent, nous ne pouvons que nous rallier à la conclusion de Bupp et Derian (1978). Après une analyse approfondie des données pertinentes, ces auteurs ont déclaré qu'il était impossible de se prononcer de façon catégorique pour ou contre l'énergie nucléaire, en se fondant sur une argumentation économique (p. 162).

6 Une analyse coûts-avantages rétrospective et prospective

La présente étude a révélé que si le programme CANDU a coûté cher au Canada, c'est parce que la demande d'électricité et la demande induite de réacteurs nucléaires se sont révélées, et de loin, inférieures aux prévisions les plus optimistes qui prévalaient avant 1975. Dans ce chapitre, on présente une estimation des coûts réels de ce programme. Toutefois, les dépenses déjà engagées sont choses du passé. Il importe maintenant de déterminer, d'une part, s'il y a lieu pour le Canada d'investir davantage et quel serait le type d'entreprise qui convient le mieux. Sans autres investissements, la technologie CANDU sera supplantée par d'autres. Le chapitre précédent a montré qu'il n'y aura presque pas de débouchés pour les réacteurs nucléaires pendant au moins 10 ans. Par la suite, il pourrait y avoir raffermissement du marché, surtout aux États-Unis. L'analyse des divers aspects du rendement passé est suivie de certaines hypothèses portant sur l'investissement minimal qui devrait assurer la survie du programme CANDU jusqu'en 1995. La possibilité de rendement de ces investissements est aussi examinée.

Une estimation des coûts de R-D de la filière CANDU

En 1981, les dépenses de R-D de la filière CANDU jusqu'à la fin de 1982 totalisaient 14 milliards (en dollars de 1981), en utilisant un taux d'actualisation réel de 7,5 %, équivalente à une valeur réelle de renonciation. Depuis 1982, environ 150 millions de dollars par année ont été dépensés en R-D, ce qui semble suffisant pour assurer une puissance installée de 15 GW d'ici 1992. À un taux réel de 7,5 %, la valeur actuelle des dépenses futures de R-D est de 2 milliards de dollars. Donc, les sommes englouties dans le programme s'élèvent à 16 milliards de dollars (en dollars de 1981). Cette estimation ne tient pas compte des montants supplémentaires qui pourront être radiés de l'actif pour la construction des réacteurs prototypes et la construction d'usines d'eau lourde (voir les tableaux 6-1, 6-2 et 6-3). Si l'on fait abstraction des intérêts et de l'inflation, les subventions fédérales pour les usines d'eau lourde s'élèvent à 546 millions de dollars (sans tenir compte de l'usine de Bruce qui a été achetée de l'EACL par Hydro-Ontario). En 1981, ces dépenses supplémentaires ont ajouté 2 milliards de dollars aux 16 milliards déboursés en R-D. Au total, le gouvernement fédéral a donc dépensé l'équivalent de 18 milliards (en dollars de 1981) pour le programme CANDU.

Il est vrai qu'une part des dépenses de R-D de l'EACL peut être attribuée à des projets à caractère non commercial ou à des projets autres que le programme CANDU. Dans une communication privée, le professeur Meneley a affirmé qu'il serait raisonnable d'attribuer jusqu'à 40 % des dépenses de R-D à des projets non rattachés au programme nucléaire CANDU. Cette proportion me semble exagérée, mais l'EACL n'a pas fourni de données précises à ce sujet. Puisque cet aspect n'a pas été examiné à fond, il ne reste plus qu'à faire une estimation modeste. Pour les fins de la présente étude, il sera supposé par la suite que 6 milliards de dollars ont été affectés à la recherche dans le cadre de projets non commerciaux et non rattachés à l'énergie nucléaire. Ce montant représente environ le tiers du budget total de R-D. Cette proportion est plus faible que celle que propose le professeur Meneley, mais je la soupçonne d'être beaucoup plus élevée que la proportion réelle. En conséquence, le coût total de la R-D est ramené à 12 milliards (en dollars de 1981) au lieu de 18 milliards.

Même si l'on pose cette hypothèse modeste, le coût moyen de R-D par kilowatt-heure de puissance installée au Canada est trop élevé. Le coût moyen sera de 1 053 $/kW jusqu'à l'achèvement de la centrale de Darlington, après quoi il tombera à 809 $/kW. Il faut se rappeler que ces coûts moyens tiennent compte d'un taux d'intérêt réel de 7,5 % par année et sont calculés pour l'année où ils sont engagés, avant ou après 1981. Le calcul consiste à diviser 12 milliards de dollars par le nombre de kilowatts de puissance installée.

Pour mieux juger de ces données, il faut se rappeler que le coût en capital des réacteurs CANDU pour Hydro-Ontario se situe entre 1 300 $ et 1 700 $/kW. Si Hydro-Ontario avait à payer le coût total de R-D par kilowatt, le coût en capital d'un réacteur nucléaire augmenterait d'au moins 50 %. Sauf lorsque les taux d'intérêt réels se rapprochent de zéro, Hydro-Ontario, cherchant à réduire les coûts au minimum, aurait sans doute choisi d'utiliser le charbon dans tous les cas[1].

Tableau 6-1

Dépenses du gouvernement fédéral pour financer la construction d'usines et la production d'eau lourde[1]
En millions de dollars

	Usines d'eau lourde				
	Bruce	Glace Bay	Port Hawkesbury	La Prade	Stock d'eau lourde
1978-1979	–6,29	8,3[2]	9,0	102,5	30
1977-1978	–5,85		12,0	56,5	2,25
1976-1977	–5,42	23,0	3,0	37,0	5
1975-1976	–1,30	33,5	35,0	69,0	15
1974-1975	–	54,0		31,0	–17,5
1973-1974	–	55,0			–4,1
1972-1973	20,0	18,0			11,0
1971-1972	68,0				10,6
1970-1971	62,0				–
1969-1970	25,0				10,0
1968-1969					
Capital total impayé	156,14	191,8	59,0	296,0	62,25
Intérêts capitalisés non perçus	57,094	72,9	NEC[3]	NEC[3]	–
Montants globaux impayés	213,23	264,7			62,25

1 Le montant indiqué exprime les avances totales moins les remboursements du capital (les remboursements d'intérêts figurent au tableau 9 du document cité ci-dessous).
2 Le montant comprend un prêt de 3,3 millions de dollars pour financer le versement initial de 1978 pour l'achat de l'usine de Glace Bay.
3 Non encore capitalisés (NEC).
SOURCE Canada, ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (1981*b*), p. 384.

Il ne devait pas en être ainsi. Si la demande d'électricité avait augmenté comme on l'avait prévu, les coûts moyens de R-D auraient atteint seulement 546 $/kW en 1977, puis seraient tombés à 250 $/kW en 1990, 133 $/kW en l'an 2000 et 96 $/kW en l'an 2008. Si l'EACL avait réussi à faire de nombreuses ventes à l'étranger le coût moyen de la R-D par kilowatt des réacteurs d'Hydro-Ontario aurait diminué encore davantage. Ces données ne tiennent pas compte des réacteurs construits à l'étranger, et cela pour deux raisons. Premièrement, comme nous l'avons signalé précédemment, les ventes à l'étranger ne faisaient pas partie de la stratégie initiale adoptée pour le CANDU; elles sont devenues une priorité seulement après 1970 et même là, elles revêtaient une dimension tant politique qu'économique. Deuxièmement, il s'agissait de ventes à pertes à tout point de vue, suivant une comptabilité réaliste.

Hydro-Ontario et l'EACL répliqueraient sans doute que tous les fabricants de réacteurs nucléaires ont bénéficié de programmes gouvernementaux de R-D. Les données sont justes, mais que faut-il en déduire ? Dans un rapport publié aux États-Unis, on a confirmé que l'énergie nucléaire dans ce pays coûterait entre 1,5 et 2 fois plus cher en l'absence de subventions à la R-D et menée par le gouvernement (États-Unis, Department of Energy, 1982). S'il faut en déduire que, sans subventions fédérales, Hydro-Ontario aurait acheté des réacteurs de fabrication américaine ou choisi de s'en tenir aux centrales thermiques à charbon, l'auteur en convient et c'est précisément là où se situe le fond du problème. Hydro-Ontario aurait toujours pu importer la technologie nucléaire, et le Canada n'aurait pas été privé de cette forme d'énergie si la technologie CANDU n'avait pas été mise au point. Il faut donc comparer le coût total de mise au point du CANDU aux

avantages nets qu'aurait procurés à Hydro-Ontario l'utilisation de la meilleure technologie de remplacement.

Une comparaison des coûts et avantages d'une centrale CANDU et d'une centrale thermique à charbon pour Hydro-Ontario

Il est difficile de déterminer les avantages qu'Hydro-Ontario a tirés du choix de la technologie CANDU. Le ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (EMR) a estimé à un milliard (en dollars de 1981) la valeur actualisée, datée de la mise en service d'une centrale, des économies à réaliser au titre du chargement en combustible et de l'exploitation par utilisation d'un réacteur de 850 MW de préférence à une centrale thermique à charbon (EMR, 1981*b*, tableau 14, p. 54). La valeur actualisée du flux d'avantages tirés durant l'année de mise en service d'une centrale est de 1 176 $/kW (en dollars de 1981). C'est à ce montant des avantages que se compare le coût différentiel d'une centrale nucléaire.

Il en coûte entre 294 $/kW et 471 $/kW de plus à Hydro-Ontario pour exploiter une centrale nucléaire de préférence à une centrale thermique. La première donnée, corrigée en fonction de l'inflation, est tirée du tableau 1 du rapport n° 620SP d'Hydro-Ontario, et la seconde, d'un document d'EMR (EMR, 1981*b*, pp. 29 à 48). L'étude d'EMR ne tient pas compte du coût des dispositifs de désulfuration des gaz de carneau (114 $/kW) ni des frais d'intérêt occasionnés durant la construction (114,5 millions de dollars dans le cas d'une centrale thermique à charbon et 381,9 millions pour une centrale nucléaire, les deux montants étant calculés en fonction d'un taux réel de 7,5 %). En outre, les calculs sont fondés sur le coût variable de l'eau lourde plutôt que son coût total. En plus des rajustements effectués pour tenir compte de la non inclusion des trois facteurs, les données exprimées en dollars de 1978 ont été converties en dollars de 1981 à l'aide de l'indice des prix à la consommation.

Tableau 6-2

Apport financier du gouvernement fédéral aux réacteurs nucléaires commerciaux au Canada : dépenses, remboursements et sommes à payer
En millions de dollars

	Réacteurs 1 et 2 de Pickering A	Gentilly II	Pointe-Lepreau
1978-1979	–	–	100,0
1977-1978	–	41,0	60,4
1976-1977	–15,798	59,0	44,1
1975-1976	–9,00	31,0	30,0
1974-1975	–5,490	20,0	
1973-1974	–6,909		
1972-1973	10,057		
1971-1972	20,052		
1970-1971	28,0		
1969-1970	22,0		
1968-1969	19,0		
1967-1968	9,0		
1966-1967	6,0		
1965-1966	2,4		
Capital total impayé	–	151,0	234,5
Intérêts capitalisés non perçus	–	–	NEC[3]
Montants globaux impayés	–[1,2]	151,0	–[4]

1 Capital impayé de 79 312 millions de dollars converti en capital-actions de l'EACL par le gouvernement canadien, en 1977-1978.
2 Intérêts non perçus de 38,6 millions de dollars auxquels on a renoncé en 1977-1978.
3 Non encore capitalisés (NEC).
4 Prélèvement incomplet des impôts reportés.
SOURCE Canada, ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (1981*b*), p. 336.

Tableau 6-3

Dépenses du gouvernement fédéral au titre des réacteurs prototypes
En millions de dollars

	Douglas Point	Gentilly I
1977-1978		5,87
1976-1977		
1975-1976		
1974-1975		
1973-1974		
1972-1973		
1971-1972		4,7
1970-1971		19,0
1969-1970		21,0
1968-1969		22,0
1967-1968	4,000	12,5
1966-1967	18,275	2,5
1965-1966	5,812	
1964-1965	11,027	
1963-1964	12,000	
1962-1963	12,556	
1961-1962	5,075	
1960-1961	1,200	
Total	69,945	87,570

SOURCE Canada, ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (1981*b*), p. 333.

En choisissant la centrale nucléaire plutôt que la centrale thermique au charbon, Hydro-Ontario dépense entre 300 $ et 470 $ de plus le kilowatt au titre des immobilisations initiales et prévoit réaliser des bénéfices de 1 176 $/kW. Ses économies nettes se situent donc entre 706 $ et 876 $/kW (en dollars de 1981). Puisque Hydro-Ontario n'a pas à supporter le coût de la R-D et que les dépenses à ce titre sont de toute manière irrécupérables, il n'est pas étonnant qu'Hydro-Ontario préfère l'énergie nucléaire au charbon. Il importe de se rappeler, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, que le calcul des avantages du charbon par rapport à l'uranium demeure sensible aux hypothèses touchant les taux de croissance relatifs des prix du charbon et de l'uranium de même que le taux d'intérêt réel. Le lecteur constatera peut-être que l'avantage économique de la technologie CANDU par rapport à une centrale thermique au charbon n'a rien à voir avec celui signalé dans le chapitre précédent. La différence est attribuable au fait que nous utilisons ici les données d'EMR qui ont été rajustées pour tenir compte des facteurs que l'on a omis d'inclure.

Si l'on suppose que le processus politique aurait empêché l'Ontario d'acheter à l'étranger le réacteur d'une centrale nucléaire, c'est donc dire que la technologie CANDU a épargné à Hydro-Ontario environ 800 $/kW, et que le gouvernement du Canada a dépensé en R-D un montant qui atteindra 808 $/kW une fois que la centrale de Darlington entrera en service. Cet investissement du gouvernement du Canada n'a donc pas été très profitable, mais le programme atteint son seuil de rentabilité si l'on tient compte du transfert à l'Ontario. Si la demande d'électricité avait continué de croître à un rythme se rapprochant du taux prévu, la technologie CANDU aurait pu alors s'imposer.

Une comparaison des coûts et avantages d'un réacteur CANDU et d'un réacteur à eau légère pour Hydro-Ontario

La meilleure technique de production de l'électricité qui puisse remplacer le réacteur CANDU n'est peut-être pas le charbon, mais un réacteur à eau légère. Hydro-Ontario estime que le coût unitaire de quatre réacteurs CANDU de 850 MW est de 4 427 $/kW (en dollars de 1995 [ou 1 075 $/kW en dollars de 1981]). D'autres estimations peuvent atteindre 1 700 $/kW (en dollars de 1981). La gamme de coûts des réacteurs à eau légère pour différents projets est plus étendue que celle des réacteurs CANDU. En outre, les données sur les coûts aux États-Unis comprennent les frais d'intérêt occasionnés durant la construction, calculés selon le coût en capital moyen de l'entreprise. Puisque les entreprises américaines ajoutent le montant en question à leur assiette des actifs au moment de la mise en service de la centrale, elles sont fortement incitées à calculer les frais d'intérêt en fonction d'un taux élevé. Dans de nombreux projets d'énergie nucléaire aux États-Unis, les frais d'intérêt théoriques correspondent à 40 % du coût en capital total. Même si l'on tient compte de ces éléments, les réacteurs les moins chers peuvent coûter aussi peu que 960 $/kW (en dollars américains), tandis que certains réacteurs peuvent coûter plus de 5 000 $/kW une fois achevés, à cause d'une mauvaise gestion et des défauts de construction.

On estime que le coût d'un réacteur à eau légère correspond, en moyenne, à celui d'un réacteur CANDU avant le chargement du combustible (environ 1 350 $/kW en dollars de 1981). La charge initiale d'eau lourde rend le réacteur CANDU plus coûteux qu'un réacteur à eau légère.

Les données sur les avantages proviennent d'EMR. D'après le ministère de l'Énergie, des mines et des ressources, la valeur actualisée, à un taux de 7,5 %, des avantages attribuables à un réacteur CANDU de 850 MW est de 232 millions de dollars (EMR, 1982, p. 54). Ces avantages découlent des coûts d'exploitation plus faibles

du réacteur CANDU qui ne fait pas appel à l'uranium enrichi. Ils laissent également croire que l'exploitation du réacteur CANDU est plus efficace que celle d'un réacteur à eau légère. Cette hypothèse est juste dans le cas d'un réacteur à eau légère ordinaire de conception américaine, mais elle ne l'est pas, en ce qui concerne les meilleurs modèles. Puisque la capacité d'un réacteur est fonction de l'efficacité de l'entreprise de services publics qui exploite la centrale, il faut présumer qu'Hydro-Ontario construirait et exploiterait des réacteurs à eau légère suivant les mêmes normes de rigueur appliquées au CANDU. Sous ce rapport, Duke Power est l'entreprise américaine de services publics qui connaît le plus grand succès dans l'industrie nucléaire. Cette entreprise construit et exploite ses propres réacteurs, comme le fait Hydro-Ontario.

D'après une estimation optimiste fondée sur des données moyennes, les avantages nets que retire l'Ontario correspondraient à 41 $/kW, une fois que le coût de la charge d'eau lourde a été pris en considération. Les avantages attribuables à des coûts réduits d'exploitation et de chargement en combustible s'élèvent à 278 $/kW, avant la déduction du coût en capital. Un élément important du coût en capital est celui de l'eau lourde qui atteint 155,5 millions (en dollars de 1978) pour un réacteur de 850 MW, selon le ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (EMR, 1981*b*, p. 34). Ce montant représente moins de 20 % des coûts avant le chargement en combustible, proportion à laquelle on fixe souvent le coût de la charge initiale d'eau lourde. Ce montant a été calculé en fonction d'un prix fixé à 203 $/kg d'eau lourde qui est nettement inférieur à certaines estimations pouvant atteindre 330 $/kg. Bien sûr, le coût d'option actuel de l'eau lourde est presque nul puisque le Canada dispose d'une réserve considérable d'eau lourde. Toutefois, les estimations présentées ici fournissent une indication rétrospective du coût du programme CANDU par rapport aux autres sources d'électricité. Dans ces conditions, il convient d'ajouter le coût total (coût en capital et frais d'exploitation) de la production d'eau lourde à celui du programme CANDU. Lorsque le coût total de l'eau lourde est incorporé, le coût en capital marginal d'Hydro-Ontario pour un kilowatt-heure supplémentaire imputable à la préférence accordée au réacteur CANDU, plutôt qu'à un réacteur à eau légère, est de 237 $/kW. Les dépenses de R-D moyennes du Canada sont de 1 053 $/kW avant la mise en service de la centrale de Darlington et seront de 809 $/kW après. Puisque l'Ontario disposera d'une capacité de production d'un peu moins de 15 GW lorsque la centrale de Darlington sera mise en service, les avantages tirés du programme CANDU totaliseront 615 millions (en dollars de 1981), tandis que le coût du programme pour le gouvernement du Canada s'élèvera à environ 12 milliards (en dollars de 1981). Ces résultats, en dollars par kilowatt-heure de puissance installée, sont indiqués au tableau 6-4.

Tableau 6-4

Coûts et avantages d'un réacteur CANDU par rapport à une centrale thermique à charbon et à un réacteur à eau légère, pour l'Ontario et le Canada

En dollars de 1981 le kilowatt-heure de puissance installée

	Centrale thermique à charbon	Réacteur à eau légère
1 Coût de R-D	809	809
2 Coût marginal de construction d'une centrale CANDU pour Hydro-Ontario	294–471	237
3 Coût marginal pour le Canada (coût de R-D plus coût en capital)	1 103–1 280	1 034
4 Avantages pour l'Ontario des coûts réduits d'exploitation et de chargement du combustible	1 176	278
5 Économies nettes de l'Ontario (poste 4 moins poste 2)	882–705	41
6 Économies (pertes) nettes du Canada (poste 4 moins poste 3)	73–(104)	(756)

Toutes les sommes investies par le gouvernement fédéral sont présumées irrécupérables. Pour pouvoir considérer que les sommes investies sont recouvrées, c'est-à-dire que la valeur actualisée des économies découlant de l'exploitation du CANDU au lieu de toute autre technologie est égale au coût total de R-D, il faudrait que la puissance installée atteigne 80 GW. D'après les projections actuelles les plus optimistes, la capacité de production au Canada ne dépassera pas 20 GW en l'an 2000. L'analyse coûts-avantages qui précède ne tient pas compte des réacteurs CANDU vendus à l'étranger parce qu'il est peu probable, compte tenu des taux de prêts commerciaux, que le Canada ait réalisé des profits sur une seule de ces ventes. Il faudrait incorporer à cette analyse les

données se rapportant au réacteur construit au Nouveau-Brunswick (le seul à l'extérieur de l'Ontario), mais on peut difficilement supposer que les contribuables de cette province ont déjà bénéficié de la technologie CANDU étant donné la mise en service récente du réacteur. De toute manière, cela n'entraînerait pas un rajustement majeur des données pour l'Ontario.

Les résultats de la présente analyse coûts-avantages entrent en ligne de compte dans la décision que devra bientôt prendre le gouvernement au sujet de l'avenir du programme CANDU. À la fin des années 50, le gouvernement a décidé d'investir des centaines de millions de dollars dans l'avenir d'une nouvelle technologie. Or, l'analyse coûts-avantages révèle que les perspectives très prometteuses de cette entreprise à risques élevés ne se sont pas concrétisées. Le mieux que l'on puisse dire des avantages économiques procurés par le programme CANDU, c'est qu'il aura stimulé la recherche et développement au Canada et aura permis aux Canadiens de participer à l'évolution de la technologie nucléaire sans devoir quitter le pays.

L'avenir du CANDU

Lorsque le programme CANDU a été mis sur pied, la technologie était encore à ses balbutiements mais les perspectives commerciales semblaient illimitées. Aujourd'hui, la technologie est assez avancée, mais les perspectives commerciales sont actuellement très sombres. Le marché s'est estompé et il est difficile de prévoir l'importance qu'il pourrait avoir dans 10 ans. Le raffermissement du marché pourrait se produire à un moment où la fission de l'atome serait sur le point d'être remplacée par la surrégénération et les techniques de fusion plus récentes. Il est encore moins certain que la technologie CANDU pourra concurrencer d'autres techniques de fission sur le marché ou à l'étude. À la fin des années 50, le gouvernement a créé une entreprise à qui incombait la mission hautement technique de faire du réacteur CANDU un produit économiquement rentable. Cette mesure semblait justifiée à l'époque. Puisque la taille du marché intérieur était jugée suffisante pour supporter une industrie de fabrication rentable au Canada et que l'EACL était assurée d'un marché, la réussite sur le plan technologique était la clé du succès commercial. La conjoncture actuelle est très différente. Les réussites technologiques en recherche et développement peuvent présenter des avantages, mais le mandat de l'EACL est beaucoup plus vaste. Au cours de la prochaine décennie, l'EACL doit définir le créneau du réacteur CANDU et d'autres versions perfectionnées sur les marchés mondiaux. La stratégie commerciale que poursuit actuellement l'EACL ne garantira pas la survie du programme CANDU sur les 10 prochaines années et ne transformera pas le réacteur en un sérieux concurrent des autres modèles. À l'heure actuelle, les débouchés du CANDU se résument au marché intérieur et à certains pays non industrialisés. La plupart des pays en développement avec lesquels le Canada fait affaire n'achèteront pas un grand nombre de réacteurs. Ceux qui pourraient le faire, la Corée, par exemple, exploitent à la fois des réacteurs à eau légère et à eau lourde, et ils pourraient facilement opposer un fabricant à un autre. La Corée a récemment annoncé son intention d'accroître la fabrication intérieure des composants de réacteurs (voir « South Korea plans to keep nuclear work », *The Globe and Mail*, le 31 août 1984, cahier B, p. 4). Tous les autres pays industrialisés possèdent leur propre industrie nucléaire et chercheront à protéger leur marché intérieur tout en s'efforçant de vendre à l'étranger.

Les possibilités commerciales du CANDU sont donc limitées à la fois par la perspective d'un marché restreint et par les efforts déterminés de fabricants concurrents sur les marchés mondiaux. La taille du marché intérieur ne sera pas, comme elle semblait l'être durant les années 50, suffisante pour justifier des dépenses considérables de recherche-développement. Si l'EACL n'a pas l'intention de promouvoir les ventes à l'étranger, il serait téméraire d'investir des sommes importantes pour perfectionner le CANDU. En l'absence de tels investissements, toutefois, il est peu probable que le réacteur CANDU conserve ses débouchés intérieurs, ce qui limiterait les choix de l'EACL. Elle peut adopter une stratégie commerciale offrant la possibilité d'élargir le marché du réacteur CANDU, ou encore négocier une forme d'association à un producteur étranger. La première possibilité suppose un investissement énorme et, comme le montre l'auteur plus loin, ne peut être envisagée à moins qu'il ne soit décidé de dépenser au moins 6 milliards de dollars au cours des 10 prochaines années. Ce montant n'est qu'une estimation très approximative, mais il fait ressortir la dimension du problème. La seconde possibilité, soit rechercher une association avec d'autres producteurs, est moins coûteuse. Les profits seraient moins élevés si le marché devait se raffermir mais le réacteur CANDU serait malgré tout en mesure de soutenir la concurrence dans 10 ans. D'autre part, la seconde possibilité peut garantir l'exploitation efficace de la compétence de l'EACL en recherche et la participation de l'industrie nucléaire canadienne à la mise au point et à la production de la nouvelle génération de réacteurs canadiens.

L'industrie nucléaire subira sans doute des perturbations au cours des 10 ou 20 prochaines années. La

technologie CANDU survivra-t-elle à la restructuration de l'industrie à l'échelle mondiale ? Pour pouvoir le faire et demeurer indépendante, à la fois, l'EACL doit intensifier son activité de R-D et acquérir une « crédibilité » sur les marchés mondiaux. Pour acquérir cette crédibilité, l'EACL doit continuer à vendre des réacteurs en dépit de la forte contraction du marché et se faire une réputation sans pareille sur le plan de la sécurité et de l'exploitation. Toutefois, même la réussite à cet égard ne garantit pas l'avenir de la technologie CANDU sur le marché international complexe. La preuve la plus concluante de la crédibilité de la technologie CANDU serait la construction sous licence aux États-Unis.

L'implantation du réacteur CANDU sur le marché américain

Il y a plus à gagner que la crédibilité de la technologie CANDU auprès des clients éventuels dans les pays en développement. Outre l'Ontario, le marché des États-Unis offre les meilleures perspectives commerciales. Dans les négociations touchant le libre-échange et l'accès au marché américain, il faudrait chercher à conserver l'accès du CANDU à ce marché. Les efforts de commercialisation en Europe et au Japon ont moins de chances de réussir. En outre, comme nous l'avons déjà mentionné, il est probable que, vers l'an 2000, les entreprises américaines de services publics se doteront d'une capacité de production d'électricité qui pourrait varier entre 150 et 400 GW.

Il en coûtera cher de bâtir la réputation de la technologie CANDU. La recherche devra s'intensifier. Plus encore, l'EACL devra être disposée à faire des concessions sur le prix ou à accepter la plus grande part du risque pour réussir à vendre des réacteurs. Les entreprises américaines de services publics font preuve de prudence dans l'achat de réacteurs nucléaires parce qu'il leur est difficile de financer la construction à cause des règlements qui régissent l'établissement des tarifs de l'électricité. Le retour aux projets clés en main contribuerait dans une large mesure à ranimer le marché. Les risques sont élevés, mais ils font nécessairement partie de la recherche de la crédibilité.

Les conséquences financières du maintien du programme CANDU

Quelles sont les chances de récupérer les sommes à investir ? L'auteur estime qu'il ne faut pas songer à maintenir le programme sans être décidé à investir environ 4 milliards de dollars d'ici 1995. Puisqu'il faudra attendre bien après 1995 avant que ces dépenses ne rapportent, le coût d'option des 4 milliards de dollars, calculé à un taux réel de 7,5 %, s'élève à 6 milliards, et ce montant ne comprend pas les pertes découlant de garanties ou concessions « normales » rattachées au financement des exportations. Il est inutile de justifier en détail une estimation aussi approximative que ce chiffre de 6 milliards. Les dépenses annuelles de 400 millions de dollars prévues ici serviraient à financer à la fois la recherche plus poussée, le développement et la démonstration de nouvelles techniques de même que les importantes subventions requises pour effectuer une percée sur le marché américain.

À un taux réel de 7,5 %, le seuil de rentabilité serait atteint si l'EACL retirait environ un milliard de dollars par année entre 1995 et 2025. Si l'on suppose des ventes correspondant à 4 GW (environ cinq réacteurs de 850 MW), il faudrait que ces ventes produisent 250 $ de plus par kilowatt (en dollars courants). Ce montant équivaut à environ 15 % du coût en capital en 1984 d'un kilowatt de capacité nucléaire installée. Ce supplément serait réalisable si le marché se rétablissait suffisamment et si, entretemps, les autres producteurs de réacteurs nucléaires se retiraient de la course. Malheureusement, ces autres producteurs, notamment les Japonais qui se sont associés à GE et à Westinghouse, n'en manifestent pas l'intention. Il est également peu probable que les producteurs allemands ou français abandonnent le marché. Toutefois, on peut concevoir que les coûts en capital du CANDU puissent être abaissés au point où les coûts d'exploitation réduits se traduiraient par un avantage de 15 % par rapport aux autres producteurs. Ce n'est pas sur les marchés du Tiers Monde où tous les producteurs écoulent leurs produits que l'EACL obtiendra le supplément en question. Pour cette raison, entre autres, il importe d'examiner toutes les avenues possibles à l'établissement d'une présence réelle sur le marché américain.

Le supplément nécessaire pour atteindre le seuil de rentabilité tombe à mesure qu'augmentent les ventes. Il n'est pas impossible que les commandes dépassent de trois ou quatre fois le niveau de 4 GW par année proposé ici. Bien sûr, il n'est pas judicieux d'investir si le mieux que l'on puisse espérer est d'atteindre le seuil de rentabilité. L'investissement a pour objet d'assurer la survie dans l'espoir qu'un raffermissement du marché provoquera un plus grand nombre de commandes, supérieures à l'équivalent de 4 GW par année. L'objectif de 4 GW par année n'est pas négligeable et il est fort possible que l'on ne réussisse même pas à atteindre 40 GW sur 10 ans.

D'autres considérations militent contre l'investissement. Un taux réel de 7,5 % ne semble guère être le facteur à retenir dans le cas d'un investissement assorti de

si grands risques. Fait plus important encore, la réussite de l'investissement dépend de l'aptitude de l'EACL à mettre en œuvre une solide stratégie de commercialisation. L'étude de l'organisation présentée ici ne laisse pas croire que l'EACL soit orientée en ce sens. Depuis 1978, cependant, l'EACL a pris des mesures pour redresser la situation. Mais les changements apportés sont-ils suffisants pour relever un nouveau défi aussi décourageant et incertain que ne l'était, à l'origine, celui auquel était confronté un petit pays comme le Canada avant de prendre la décision de se lancer dans le projet CANDU ? Quant à savoir si une société d'État est le mécanisme convenant le mieux à un investissement public aussi important et peu sûr, nul lecteur parvenu aussi loin dans la lecture de cette étude, ne s'étonnera qu'à ce stade, l'auteur émet de sérieuses réserves.

La seconde stratégie consisterait à trouver des partenaires pour la mise en valeur du CANDU ou d'une autre technologie. Le principal avantage de cette stratégie est qu'elle est probablement moins coûteuse que la première. Elle peut permettre à l'EACL de participer à la commercialisation d'une technologie ayant un plus vaste marché assuré ou une plus grande crédibilité, voire les deux. La stratégie devient problématique lorsqu'il s'agit de trouver les associés. Les journaux rapportent, et le professeur Meneley confirme, que l'EACL cherche à s'associer à des producteurs japonais. L'EACL n'est peut-être pas le producteur que des associés éventuels recherchent, puisqu'aucun revenu n'est avant une bonne décennie, ou presque. En outre, la vente de l'EACL ou son association à un producteur étranger entraînerait une perte de prestige. Il serait préférable que l'associé soit une entreprise d'État. Il est facile d'imaginer les protestations à caractère politique que susciterait l'association de l'EACL à une multinationale américaine. Cependant, cette possibilité offre un autre avantage : si un associé demeure introuvable, il y a tout lieu de se demander s'il serait sage de retenir la première option.

7 Conclusion

Il a été démontré, dans la présente étude, qu'une société d'État n'est pas une formule qui convienne à une nouvelle industrie fondée sur une technologie complexe et présentant des risques élevés au moment où l'entreprise doit acquérir à la fois une réputation et une taille donnée en moussant les ventes sur un marché international où la concurrence est très vive. Lorsqu'on avait pour la première fois envisagé la possibilité de commercialiser la technologie CANDU, il y avait lieu de croire que le marché canadien pouvait à lui seul assurer sa rentabilité. En outre, aucun des producteurs concurrents paraissait pouvoir offrir un meilleur produit. Dans ces conditions, l'entreprise retenue pour développer la technologie CANDU aurait dû être, d'abord et avant tout, un organisme de recherche investi d'une mission bien définie, comme la NASA. Lorsque la mise en valeur d'une technologie dépend de sa réussite dans une industrie oligopolistique mondiale, la société d'État est désavantagée.

La faiblesse de l'entreprise publique découle du fait que ses cadres supérieurs ne peuvent mettre en œuvre des stratégies commerciales à long terme, parce qu'ils sont sous l'empire des mandants de l'entreprise. Le gouvernement, qui reste la seule source de financement, conserve les pouvoirs clés et restreint la marge de manœuvre des cadres de l'entreprise publique. Lorsqu'il faut décider de s'aventurer sur les marchés étrangers ou de s'en retirer, les cadres supérieurs d'une entreprise publique ont tendance à se replier sur le marché intérieur protégé. Voilà un compte rendu réaliste de la difficulté d'une part de concilier les impératifs politiques et la planification de l'entreprise et, d'autre part, de prendre des décisions compliquées qui sont inévitablement exposées au grand jour, étant donné le caractère public de l'entreprise.

Dans les industries animées de l'esprit d'entreprise, en revanche, les chefs de file qui réussissent en affaires témoignent d'une grande autonomie d'action dans l'exécution de leur mandat. Les cadres supérieurs de grandes entreprises acquièrent cette indépendance en diversifiant les marchés de leurs produits et leurs sources de financement. Ils montrent que les intérêts à long terme des actionnaires leur tiennent à cœur en détenant une part importante des capitaux propres de l'entreprise et en ayant recours à des programmes de primes incitatives rattachées aux projets particuliers. Leurs propres intérêts sont aussi étroitement liés à ceux de l'entreprise puisqu'ils sont habituellement ceux qui se sont hissés dans la hiérarchie.

Dans les industries animées d'un esprit d'entreprise, où la concurrence se manifeste par une forte rivalité pour acquérir la prédominance, la victoire s'obtient avec la meilleure stratégie. Il est avantageux d'avoir un nouveau produit concurrentiel, mais ce dernier ne garantit pas le succès. Dans une situation de vive concurrence entre géants dont quelques-uns seulement sortiront vainqueurs, la stratégie de la réussite dépend de l'imagination, de l'inspiration, de l'adresse et de l'endurance des cadres. L'entreprise dont la stratégie réussit est celle qui amorce le changement, guette les occasions, tente des expériences et se montre souple. L'entreprise qui se limite à réagir, incapable d'élaborer une stratégie à long terme le moindrement viable ni d'inculquer à son organisation l'idéologie appropriée et qui déploie trop d'efforts pour mettre en œuvre des stratégies à contre-courant ne survivra probablement pas à la restructuration de l'industrie.

Depuis le début, la société Westinghouse a été à la fois l'instigatrice et l'innovatrice de l'industrie nucléaire. Pour réaliser de premières ventes à pertes, elle a construit des centrales en vertu de contrats clés en main à prix fixe, garanti la vente à prix fixe de l'uranium en vertu de contrats à long terme, consenti à l'exploitation sous licence de sa technologie, et s'est engagée dans des coentreprises en France, au Japon et ailleurs. La General Electric a adopté des stratégies similaires.

Le Canada n'a pas fait preuve du même esprit d'entreprise dans la commercialisation du réacteur CANDU. La stratégie commerciale a été centrée sur le marché de l'Ontario et la diversification des choix commerciaux a été négligée. Il s'agit d'une orientation naturelle pour une entreprise à vocation définie qui cherche à éviter les risques, mais un chef d'entreprise commerciale audacieux, qui sait que le marché intérieur n'est pas à lui seul garant de la survie à long terme, et qui doit conséquemment viser les marchés mondiaux, aurait procédé autrement. Lorsque l'EACL a constaté avec beaucoup de retard qu'elle perdrait de la crédibilité si elle ne vendait pas de réacteurs à l'étranger, elle a concentré ses efforts de commercialisation sur les pays à économie faible. Les marchés du Tiers Monde sont devenus, comme il fallait s'y attendre,

les débouchés où les fabricants, dont le marché intérieur est protégé, écoulent à rabais leurs excédents ou cherchent à élargir leur échelle de production en procédant à des ventes marginales à l'étranger.

Convaincue que les pays industrialisés protégeraient leur marché intérieur, l'EACL n'a pas cherché à pénétrer les marchés américain et allemand. Il aurait fallu exploiter les vastes marchés de ces deux pays parce qu'il aurait été possible de vendre des réacteurs à des entreprises privées de services publics. Si l'EACL s'était efforcée davantage de mettre la technologie CANDU en valeur durant les années 60, elle aurait peut-être réussi à vendre des réacteurs au Royaume-Uni ou en France là où le prestige faisait obstacle aux technologies étrangères. La France est maintenant le chef de file de la technologie nucléaire à l'eau légère, technologie qu'elle a acquise des États-Unis, et le Royaume-Uni s'intéresse également à la technologie américaine.

Le manque d'attention à la production et au prix de l'eau lourde a été l'aspect de la stratégie commerciale qui a été le plus nuisible durant la période critique de 1964 à 1974. L'approvisionnement en eau lourde et son coût de production constituaient le talon d'Achille du programme CANDU, mais aucune mesure énergique ne semble avoir été prise pour apaiser l'inquiétude des clients à ce sujet. Le rejet de la technologie CANDU par le Royaume-Uni au début des années 70 serait attribuable au coût de l'eau lourde et aux risques que présente sa production dans des régions fortement peuplées (voir Milne, Pearce, 1983). Au milieu des années 60, lorsque les clients craignaient les fuites d'eau lourde, l'EACL aurait dû garantir l'approvisionnement à ses frais. Plus tard, une fois que l'EACL avait prouvé l'étanchéité du réacteur CANDU, elle aurait dû garantir l'approvisionnement à des prix réduits fermes.

En ce moment même, il faut songer à investir des sommes considérables pour assurer la survie du programme CANDU et ce, jusqu'au raffermissement du marché des réacteurs nucléaires, prévu pour 1995. Peut-être faudrait-il laisser l'industrie se débrouiller tant bien que mal en s'occupant de la réfection des centrales de Pickering ou encore de la négociation de ventes à l'étranger, comme celle, à la Roumanie ou celle qui sera peut-être conclue avec la Turquie. Selon les données fournies, la valeur des installations spécialisées appartenant à des intérêts privés et dont les opérations dépendent du CANDU s'élève seulement à 240 millions de dollars mais la main-d'œuvre est composée de travailleurs très spécialisés qui pourraient sans doute se trouver un emploi ailleurs. En outre, une part importante des immobilisations étroitement liées au programme CANDU pourrait servir à d'autres fins. Toutefois, il est peu probable que l'industrie survive après l'an 2000 si elle ne reçoit pas une aide financière considérable. Si l'industrie nucléaire canadienne devenait inactive, il serait impossible de la ranimer à moins que tous les producteurs concurrents n'aient eux aussi cessé leurs activités de R-D. Il est peu probable que cela ne se produise : des projets de démonstration de nouveaux réacteurs ont été mis sur pied pendant que l'on tente d'améliorer les vieux réacteurs.

Le raffermissement du marché de l'énergie nucléaire n'est pas du tout assuré, mais tout laisse croire que l'on peut s'attendre à une modeste reprise après 1995. Toutefois, s'il y avait effectivement essor du marché, il n'est pas certain que la technologie puisse soutenir la concurrence des autres technologies, même sur le marché canadien. Si on laissait la technologie CANDU s'atrophier et l'EACL devenir une « morte-vivante », comme on a l'habitude de dire dans l'industrie à capital de risque, il vaudrait mieux songer à une fusion totale ou partielle de l'EACL avec Hydro-Ontario. Par ailleurs, si le gouvernement choisissait d'investir des sommes importantes pour faire face à la prochaine vague de commandes, il faudrait étudier soigneusement l'éventualité d'une privatisation partielle ou totale de l'EACL sous une forme ou une autre. Une autre possibilité consisterait à trouver un associé pour l'EACL, recruté parmi les entreprises étrangères, privées ou publiques, de l'industrie nucléaire. La coentreprise pourrait alors être un moyen de réduire les coûts de R-D d'une nouvelle génération de réacteurs et de développer un important marché captif.

La présente étude ne fournit pas de données suffisantes pour décider de l'avenir de l'EACL ou du programme CANDU. Il faudrait une analyse beaucoup plus vaste permettant de dégager les différentes perspectives d'avenir de l'énergie nucléaire. La présente étude de l'EACL nous amène à conclure qu'une société d'État n'est pas la formule qui convienne le mieux à la recherche dynamique d'un avantage relatif sachant que la commercialisation doit être effectuée dans le contexte d'une concurrence mondiale où interviennent des entreprises privées et des entreprises publiques subventionnées par d'autres gouvernements. Il faudrait étudier plus à fond la possibilité d'accorder à des entreprises privées l'aide publique prévue pour la commercialisation des technologies nouvelles.

Notes

CHAPITRE 4

1 Dans une communication privée, le professeur D. A. Meneley a contesté cette affirmation. À son avis, toute tentative de vendre un réacteur CANDU aux États-Unis aurait été contrecarrée par les autorités américaines qui accordaient les permis. Les technologies qui n'avaient pas l'approbation de la marine américaine, de Westinghouse et de General Electric étaient rejetées. C'était peut-être le cas, mais le fait demeure que je n'ai trouvé aucune preuve des efforts déployés durant les années 60 pour surmonter le « nationalisme commercial » des États-Unis dans ce secteur, soit par des pressions du gouvernement, soit par des subventions aux ventes en Europe, en Allemagne par exemple, ou encore par la recherche de partenaires pour internationaliser la mise au point du CANDU.

CHAPITRE 5

1 Don McFetridge me signale que je ne précise pas du tout quel serait le taux d'actualisation réel le plus approprié. Tout au long de la présente étude, j'utilise un taux réel de 7,5 %, qui correspond au taux d'actualisation social retenu également par le ministère de l'Énergie, des mines et des ressources (EMR, 1981*b*; et 1982). Il est normal qu'une certaine confusion entoure les taux d'actualisation, étant donné que l'OCDE fixe à 5 % et à 10 % les taux qu'elle utilise. Hydro-Ontario prévoit habituellement dans ses études des taux d'intérêt et des prix nominaux, à partir desquels on déduit le taux d'actualisation réel. Au cours de la même période, Hydro-Ontario a utilisé dans une de ses études un taux réel aussi bas que 2 %. Dans les années 60, la France appliquait un taux étalon de 9 % dans son évaluation des investissements au titre de la capacité de production d'électricité. Étant donné que tant de taux divers ont servi à évaluer la rentabilité du processus de production d'énergie, il ne faut pas s'étonner si une certaine confusion entoure le coût réel de l'énergie nucléaire.

CHAPITRE 6

1 Il est vrai, comme l'a fait remarquer un lecteur de la présente étude, que la subvention à Hydro-Ontario comprend une disposition pour indemniser les victimes d'un accident nucléaire. La *Loi sur la responsabilité nucléaire* (juin 1970) prévoit un montant maximal qu'une entreprise de services publics et un fabricant de réacteur peuvent être tenus de verser en cas d'accident nucléaire. La part de cette subvention est certainement importante, mais également difficile à établir. Dans la présente étude, cette part de la subvention n'est pas prise en considération parce qu'elle est utile seulement dans une comparaison des coûts de production de l'électricité par une centrale nucléaire ou par une centrale thermique à charbon. Puisque le réacteur à eau légère est la technologie la plus avantageuse qui puisse remplacer le réacteur CANDU en Ontario, la subvention accordée par le gouvernement du Canada pour l'assurance serait applicable dans les deux cas et elle n'influerait pas sur une analyse comparative à moins qu'une filière ne soit essentiellement plus sûre que l'autre, caractéristique que les défenseurs de la technologie CANDU contesteraient. Il faut néanmoins admettre que tout avantage économique que peut présenter une technologie nucléaire par rapport à une centrale thermique à charbon doit être rajusté à la baisse, en fonction de la valeur estimée de l'assurance fournie gratuitement par les contribuables canadiens et involontairement par ceux qui habitent à proximité d'une centrale nucléaire.

Liste des tableaux et graphique

Tableaux

3-1	Le programme national de production nucléaire d'électricité du Canada	18
3-2	Résumé des ventes à l'exportation, par pays	21
4-1	Dépenses du gouvernement fédéral pour le financement des travaux de recherche appliquée relatifs à l'énergie nucléaire, Canada, 1947-1982	29
4-2	Capacité de production d'eau lourde au Canada	31
4-3	Croissance de la capacité nucléaire aux États-Unis, 1955-1976	35
4-4	Pertes estimées enregistrées pour des projets clés en main de réacteurs nucléaires	36
4-5	Coûts en capital de réacteurs nucléaires mis en exploitation aux États-Unis, 1968-1974	37
4-6	Comparaison de l'évolution chronologique de la technologie nucléaire dans différents pays (mise au point, démonstration et diffusion)	40
4-7	Estimation de l'utilisation de la capacité de production de réacteurs nucléaires dans le monde durant les années 80	42
4-8	Part du marché des réacteurs nucléaires, selon l'entreprise, 1980	43
5-1	L'évolution des projections de la capacité de production d'énergie nucléaire jusqu'en 1985 et 1990	53
5-2	Capacité de production d'énergie nucléaire installée nette, réelle et prévue, par pays, certaines années, 1978-2000	54
5-3	Comparaison entre les prévisions de commandes de réacteurs nucléaires en Ontario et la capacité de production du marché international jusqu'à l'an 2000	55
5-4	Rapports hypothétiques entre le coût d'utilisation du charbon et le coût d'utilisation de l'énergie nucléaire pour des fins de production d'électricité, Hydro-Ontario	60
6-1	Dépenses du gouvernement fédéral pour financer la construction d'usines et la production d'eau lourde	62
6-2	Apport financier du gouvernement fédéral aux réacteurs nucléaires commerciaux au Canada : dépenses, remboursements et sommes à payer	63
6-3	Dépenses du gouvernement fédéral au titre des réacteurs prototypes	64
6-4	Coûts et avantages d'un réacteur CANDU par rapport à une centrale thermique à charbon et à un réacteur à eau légère, pour l'Ontario et le Canada	65

Graphique

4-1	Scénarios de la capacité et de la demande de pointe du réseau de l'est de l'Ontario	41

Bibliographie

ADDINALL, A et H. ELLINGTON (1982), *Nuclear Power in Perspective*, Londres (Angleterre), Kogan Page Publishers.

AHEARNE, J. F. (1984), « Prospects for the U.S. nuclear reactor industry », *Annual Review of Energy*, vol. 8, pp. 355-384.

AIKEN, A. M. (1970), « Marketing nuclear power plants », conférence annuelle de l'Association nucléaire canadienne, 70-CNA-647.

ALBERTA WHITE PAPER (1984), *Proposals for an Industrial and Science Strategy for Albertans, 1985-1990*, juillet.

ALCHIAN, A. A. et H. DEMSETZ (1972), « Production, information costs and economic organizations », *American Economic Review*, vol. LXIII, pp. 777-795.

ALLISON, D. (1969), *The R&D Game*, Cambridge (Mass.), MIT Press.

ALLISON, G. T. (1971), *Essence of Decision, Explaining the Cuban Missile Crisis*, Boston, Little, Brown and Company.

ALWARD, P. T. (1981), *CANDU – Ventes et garanties*, Ottawa, Bibliothèque du Parlement, le 26 mai.

ANDERSON, A. (1984), « Lawsuit dismissed » et « Operation of power plants », *Nature*, vol. 31, n° 5976, le 2 août, p. 357.

ANDREWS, R. (1982), « Power failure: Why we can't sell nuclear », *Canadian Business*, vol. 55, n° 11, novembre, pp. 133-136.

ASHLEY, C. A. et R. G. H. SMAILS (1965), *Canadian Crown Corporations: Some Aspects of Their Administration and Control*, Toronto, Macmillan.

ASSOCIATION NUCLÉAIRE CANADIENNE (1982), *L'énergie nucléaire au Canada – Questions et réponses*, 2e éd., Toronto, CNA Publishers.

BACHAND, R. C. (1981), « Boards of Directors in Canadian government enterprises: An exploratory research », thèse de doctorat, Graduate School of Business Administration, Harvard University, Ann Arbor (Michigan), University Microfilms International, 1984.

BAINBRIDGE, G. R., D. PAHLEY, D. T. H. ROWLANDS et C. V. WAGSTAFF (1968), « Factors affecting costs of nuclear power stations », *International Comparison of Nuclear Power Costs*, Vienne, Agence internationale de l'énergie atomique, pp. 139-154.

BALDWIN, J. R. (1975), *The Regulatory Agency and the Public Corporation*, Cambridge (Mass.), Ballinger Publisher.

_____ (1984), « Regulation versus public enterprise as an instrument of government policy: A transactions failure analysis », Queen's University, Kingston (Ontario), reprographié.

BANERJEE, S. et L. WAVERMAN (1978), « Life cycle costs of coal and nuclear generating stations », rapport présenté à la Commission royale sur la planification de l'énergie électrique, Toronto, juillet.

BARKENBUS, J. N. (1983), « Is self-regulation possible? », *Journal of Policy Analysis and Management*, vol. 2, été, pp. 576-588.

BEIGIE, C. E. et J. MAXWELL (1977), « Les points faibles de la situation énergétique au Québec », l'Institut de recherches C. D. Howe, Montréal, Accent Québec.

BERLE, A. A., Jr. et G. C. MEANS (1982), *Modern Corporations and Private Property*. Reprint of 1933 edition, xiii, 396 pages. Business Enterprises Reprint Services.

BORINS, S. F. et B. BOOTHMAN (1984), « Les sociétés d'État et l'efficacité économique », document d'information à paraître dans le cadre de la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada, vol. 3.

BOS, D. (1981), Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, *Economic Theory of Public Enterprise*, Berlin, Heidelberg et New York.

BRADFORD, D. L. et A. R. COHEN (1984), *Managing for Excellence*, New York, John Wiley.

BRADY, R. (1984), « The sorcerer's apprentice », *Forbes*, le 24 septembre, pp. 106 et 110.

BRODY, M. (1981), « Nuclear fizzle? Costs, risks of atomic power may escalate past point of no return », *Barron's*, vol. 61, le 24 août, pp. 4-5.

BROOKES, L. G. et M. MOTAMEN, ed. (1984), *The Economics of Nuclear Energy*, Londres et New York, Chapman and Hall.

BRUCE, G. F. (1975), « Le salut ou l'apocalypse – Le dilemme des puissances nucléaires », *Perspectives internationales*, mai-juin, pp. 31-36.

BUGLER, J. (1976), « Windscale's fuel controversy », *New Statesman*, vol. 92, le 26 novembre, pp. 740-741.

_____ (1977*a*), « Nuclear politics in France », *New Statesman*, le 26 août, pp. 266-267.

_____ (1977*b*), « Nuclear civil war », *New Statesman*, vol. 94, le 4 novembre, pp. 603-604.

BUPP, I. C. (1980), « The French nuclear harvest: Abundant energy or bitter harvest? », *Technology Review*, novembre-décembre, pp. 30-39.

_____ (1981), « The actual growth and probable future of the worldwide nuclear industry », *International Organization*, vol. 35, n° 1, hiver, pp. 54-76.

BUPP, I. C. et J.-C. DERIAN (1978), *Light Water: How the Nuclear Dream Dissolved*, New York, Basic Books.

BURN, D. (1978), *Nuclear Power and the Energy Crisis: Politics and the Atomic Industry*, Londres, Macmillan.

BURN, D. et B. EPSTEIN (1972), *Realities of Free Trade: Two Industry Studies*, Toronto, University of Toronto Press et George Allen and Unwin Ltd.

BURNS, J. M. F. (1980), « A public choice theory perspective of the Canadian nuclear industry », thèse, Université Carleton, Ottawa.

BURNS, T. et G. M. STALKER (1971), *The Management of Innovation*, 3e éd., Londres, Tavistock Publications.

BUSINESS WEEK (1980), « Downsizing nuclear plants », n° 2662, le 10 novembre, p. 114.

_____ (1981), « France: A two-pronged spur for nuclear reactor », le 23 février, pp. 50-52.

_____ (1981), « Germany's turning point for nuclear energy? », le 23 février, pp. 50-52.

_____ (1982), « A breeder reactor that may melt away », le 6 septembre, pp. 30-31.

_____ (1984), « Are utilities obsolete? A troubled system faces radical change », le 21 mai, pp. 116-119.

BUZZELL, R. D., B. T. GALE et R. G. M. SULTAN (1975), « Market share – A key to profitability », *Harvard Business Review*, janvier-février, pp. 97-106.

CAMILLERI, J. A. (1982), *The Political Economy of Nuclear Power: Comparative Study*, Londres, Wheatsheaf Books.

_____ (1984), *The State and Nuclear Power: A Comparative and International Perspective*, Seattle, University of Washington Press.

CAMPBELL, H. F. (1982), « A benefit-cost rule for an additional public project in Canada », thèse de doctorat, Queen's University, Kingston (Ontario).

CANADA, COMMISSION ROYALE SUR L'UNION ÉCONOMIQUE ET LES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DU CANADA (1985), *Rapport*, vol. 1, 2 et 3, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

CANADA, GROUPE DE TRAVAIL SUR LES POLITIQUES ET LES PROGRAMMES FÉDÉRAUX DE DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE (1984), *Rapport* du président Douglas Wright à Edward C. Lumley, ministre d'État, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

CANADA, MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES (1973), *Politique canadienne de l'énergie, phase I*, tome I, *Analyse* et tome II, *Annexes*, Ottawa, Information Canada.

_____ (1978), *Une stratégie de l'énergie pour le Canada, politique d'autonomie*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

_____ (1981*a*), *L'énergie, rétrospection*, rapport n° ER81-4F, avril, Ottawa, EMR.

_____ (1981*b*), *Aperçu de la politique nucléaire, documents d'information*, rapport n° ER81-2F, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

_____ (1982), *Revue de l'industrie nucléaire, problèmes et perspectives, 1981-2000*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

CANADA, MINISTÈRE DES FINANCES (1984), *Une nouvelle direction pour le Canada*, Ottawa, Finances Canada.

CANADA, MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE (1978), *Rapport du Groupe d'étude sur l'exportation des réacteurs CANDU (Rapport Douglas)*, Ottawa, Industrie et Commerce.

CARMICHAEL, J. (1981), « The effects of mission-oriented public R&D spending on private industry », *The Journal of Finance*, vol. 36, juin, pp. 617-627.

CASTERTON, J. A. (1980), « The international dimensions of the Canadian Nuclear Industry », thèse de maîtrise, Norman Paterson School of International Affairs, Université Carleton, Ottawa.

CAVANAUGH, H. A. (1984), « How do private and public CEO salaries compare? », *Electrical World*, août, pp. 27-29.

CAVES, D. W. et L. R. CHRISTENSEN (1980), « The relative efficiency of public and private firms in a competitive environment: The case of Canadian railroads », *Journal of Political Economy*, vol. 88, n° 5, pp. 953-976.

CHASE, D. J. (1975), « Clouding the nuclear reactor debate: A commentary », *Bulletin of the Atomic Scientists*, février, pp. 39-40.

CHOW, B. G. (1977), « The economic issues of the Fast Breeder Reactor Program », *Science*, le 11 février, pp. 551-556.

CICHETTI, J. et W. J. GILLEN (1977), Commission de l'énergie de l'Ontario, n° 11, information présentée par Hydro-Ontario au nom du Procureur général de l'Ontario, Toronto, le 16 mai.

CLARKSON, K. et D. L. MARIN, [ed. de la série] (1980), « The economics of nonproprietary organizations », supplément 1, dans *Research in Law and Economics*, Greenwich (Conn.), JAI Press.

COCHRAN, T. B. (1974), *The Liquid Metal Fast Breeder Reactor: An Environmental and Economic Critique*, Resources for the Future, Washington (D.C.), U.S. Government Printing Office.

COLLINGRIDGE, D. (1984*a*), « Lessons of nuclear power: French 'success' and the breeder », *Energy Policy*, juin, pp. 189-200.

_____ (1984*b*), « Lessons of nuclear power: U.S. and U.K. history », *Energy Policy*, mars, pp. 46-67.

COMMISSION MACDONALD (1985), (voir Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada).

CONSEIL DES SCIENCES DU CANADA (1979), *Les voies de l'autosuffisance énergétique – Les démonstrations nécessaires sur le plan national*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

COOK, F. H. (1969), « Public ownership: United Kingdom vs. United States », *Public Utilities Fortnightly*, vol. 84, le 18 décembre, pp. 26-34.

COOK, J. (1985), « Nuclear follies », *Forbes*, vol. 135, le 11 février, pp. 82-96.

COTTRELL, Sir Alan (1981), *How Safe is Nuclear Energy?*, Londres (Angleterre), Heineman Educational Books Ltd.

CREW, M. A. (1983), *Regulatory Reform and Public Utilities*, Lexington (Mass.), Lexington Books.

DAY, M. C. (1975), « Nuclear energy: A second round of questions », *Bulletin of the Atomic Scientist*, décembre, pp. 52-59.

DEALESSI, L. (1969), « Implications of property rights for government investment choices », *American Economic Review*, vol. 59, pp. 13-24.

_____ (1974*a*), « An economic analysis of government ownership and regulation: Theory and the evidence from the electric power industry », *Public Choice*, vol. 19, automne, pp. 1-42.

_____ (1974*b*), « Managerial tenure under private and government ownership in the electric power industry », *Journal of Political Economy*, vol. 82, mai-juin, pp. 645-653.

_____ (1975), « Some effects of ownership on wholesale prices of electric power », *Economic Inquiry*, vol. 13, décembre, pp. 526-538.

DELEON, P. A. (1976), *Cross Comparison of Nuclear Development Strategies*, Santa Monica (CA.), Rand Corporation, p. 20.

_____ (1980), *Development and Diffusion of the Nuclear Power Reactor: A Comparative Analysis*, Cambridge (Mass.), Ballinger Publishing.

DENTON, H. R. (1983), « Nuclear power, epilogue or prologue? », *Energy Journal*, n° 4, janvier, pp. 139-141.

DICKSON, David (1982), « Europe's fast breeders move to a slow track », *Science*, vol. 218, le 10 décembre, pp. 1094-1097.

_____ (1984), « France invites U.S. participation on breeders », *Science*, vol. 224, le 18 mai, p. 697.

DICKSON, Douglas, ed. (1983), *Managing Effectively in the Global Marketplace*, New York, John Wiley.

DOERN, B. G. (1976), *La Commission de contrôle de l'énergie atomique*, étude effectuée pour la Commission de réforme du droit, chapitres 2 et 3, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

_____ (1980), Canadian Atomic Energy Policy, *Government Intervention in the Canadian Nuclear Industry*, Montréal, Institut de recherches politiques.

_____ (1984), « Atomic Energy of Canada Ltd.: Selected performance issues », document présenté au symposium sur les sociétés de la Couronne, Université Carleton, Ottawa, le 1er juin.

DOERN, B. G. et R. W. MORRISON, ed. (1980), *Canadian Nuclear Policies*, document présenté à une conférence en novembre 1978, Montréal, Institut de recherches politiques.

DOERN, B. G. et G. SIMS (1980), « Atomic Energy of Canada Ltd. », chapitre 2 de « Spending tax dollars: Federal expenditures, 1980-1981 », préparé sous la direction de Bruce G. Doern, School of Public Administration, Université Carleton, Ottawa, pp. 49-73.

DONALDSON, G. et J. W. LORSCH (1983), *Decision Making at the Top*, New York, Basic Books Inc.

DOUB, W. O. et J. M. DUKERT (1975), « Making nuclear energy safe and secure », *Foreign Affairs*, vol. 53, juillet, pp. 756-762.

DOUGLAS, C. (1984), « The economics of contamination », *The Atlantic*, octobre, pp. 29-36.

DUDERSTADT, J. J. et C. KIKUCHI (1979), *Nuclear Power Technology on Trial*, Ann Arbor, University of Michigan Press.

DUFFY, G. C. et G. ADAMS (1978), « Power politics: The nuclear industry and nuclear exports », *Council on Economic Priorities*, Washington (D.C.), U.S. Government Printing Office.

DUFFY, J. (1980), « Can the slowpoke do what CANDU can't? », *Canadian Business*, vol. 53, n° 8, août, pp. 27-32.

ÉNERGIE ATOMIQUE DU CANADA, LIMITÉE [EACL] (1968), Mémoire présenté au Comité spécial du Sénat sur la politique scientifique, *Délibérations du Comité spécial du Sénat sur la politique scientifique*, les 30 et 31 octobre, pp. 647-1047. Ce document contient aussi un mémoire de l'Eldorado nucléaire Ltée, p. 893.

_____ (1983), Modes de gestion et de contrôle, politique n° 10302, novembre.

_____ (1985), Plan de développement de cadre supérieur, politique n° 20102, mars.

EDWARDS, G. (1982), (président de la Canadian Coalition for Nuclear Responsibility), « Cost disadvantages of expanding the nuclear power industry », *The Canadian Business Review*, vol. 8, n° 1, printemps.

EFFORD, I. E. et B. M. SMITH, ed. (1971), *Energy and the Environment*, H. R. MacMillan lectures, Institute of Resource Ecology, Université de Colombie-Britannique, Vancouver.

EGAN, J. R. (1981), « Nuclear power: The future of small reactors », *Current*, vol. 241, mars-avril, pp. 31-35.

EGGLESTON, W. (1965), *Canada's Nuclear Story*, Toronto, Clark Irwin.

ELLIS, R. P. et M. B. ZIMMERMAN (1983), « What happened to nuclear power: A discrete choice model of technology adoption », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 65, mai, pp. 234-242.

EMR (voir Canada, Ministère de l'Énergie, des mines et des ressources).

ÉTATS-UNIS, DEPARTMENT OF COMMERCE (1982), « French reaffirm commitment to development of nuclear power », *Business America*, vol. 5, n° 21, le 18 octobre.

ÉTATS-UNIS, DEPARTMENT OF ENERGY (1982), « Analysis of the Department of Energy's Clinch River breeder reactor cost estimates », Washington (D.C.).

_____ (1983), « Completing the Department of Energy's water-cooled breeder program », Report to Energy Research and Production, Committee on Science and Technology, House of Representatives, Washington (D.C.), U. S. General Accounting Office.

ÉTATS-UNIS, GENERAL ACCOUNTING OFFICE, « Questions on the future of nuclear power: Implications and tradeoffs. » Washington (D.C.).

ÉTATS-UNIS, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Office of Information (1979), « Risks associated with nuclear power: A critical review of the literature », Washington (D.C.).

ÉTATS-UNIS, STANDING SENATE COMMITTEE ON NATIONAL FINANCE (1984), *Federal Government Support for Technological Advancement: An Overview*, Report of the Honourable C. William Doody, président, Washington (D.C.), U.S. Government Printing Office.

EVANS, N. et C. HOPE (1983), *Nuclear Power, Futures, Costs and Benefits*, Cambridge (Mass.), Cambridge University Press.

FAGNANI, J. et J.-P. MOATTI (1984), « The politics of French nuclear development », *Journal of Policy Analysis and Management*, vol. 3, hiver, pp. 264-275.

FISCHHOFF, B. (1983), « 'Acceptable risk': The case of nuclear power », *Policy Analysis and Management*, vol. 2, été, pp. 559-575.

FLAVIN, C. (1984*a*), *Electricity's Future: The Shift to Efficiency and Small-Scale Power*, Worldwatch Paper 61, Worldwatch Institute, Washington (D.C.).

_____ (1984*b*), « Reassessing the economics of nuclear power », *Intersciencia*, vol. 9, juillet-août, pp. 192-205.

FLEMING, J. (1984), « CANDU's Turkish connection », *Maclean's*, octobre, p. 36.

FONG, J. V. C.; J. B. ROY; G. N. MEEHAND et G. F. MCINTYRE (1982), *Cost Comparison of CANDU Nuclear and Coal-Fulled Generating Stations*. Rapport n° 620SP, Toronto, Hydro-Ontario.

FORD FOUNDATION (1974), *Exploring Energy Choices*, Energy Policy Project, Washington (D.C.), U.S. Government Printing Office.

_____(1979), *Energy: The Next Twenty Years*, Cambridge (Mass.), Ballinger Publishing.

FORD, D. (1982), *Cult of the Atom*, New York, Simon and Schuster.

FORD, D. et coll. (1973), *The Nuclear Fuel Cycle: A Survey of the Public Health, Environment and National Security Effects of Nuclear Power*, Union of Concerned Scientists, Cambridge (Mass.).

FORD-MITRE REPORT (1977), Nuclear Energy Policy Study Group, *Nuclear Power: Issues and Choices*, Cambridge (Mass.), chapitres 8 et 9, Ballinger Publishing.

FOREMAN-PECK J. et M. WATERSON (1985), « The comparative efficiency of public and private enterprise in Britain: Electricity generation between the wars », *Economic Journal*, vol. 95, mars, pp. 83-95.

FORTUNE, R. F. (1978), « Canadian experience in the international nuclear power market », International Comparison of Nuclear Costs, Proceedings of International Atomic Energy Agency Symposium, Londres (Angleterre), octobre 1976, Vienne, Agence internationale de l'énergie atomique, pp. 155-171.

FREEMAN, S. D. (1983), « Reinventing the nuclear wheel », *Across the Board*, octobre, pp. 30-34.

GENERATION NUCLEAR (1977), mémoire présenté à la Commission royale sur la planification de l'énergie électrique, dernières audiences, juin.

GOLAY, M. W. (1984), « R:t for nuclear power: An agenda for improving present-day reactors », *Technology Review*, vol. 87, février-mars, pp. 49-51.

GOLDSCHMIDT, B. (1980), *Le complexe atomique, histoire politique de l'énergie nucléaire*, Paris, Fayard.

GORDON, M. (1981), *Government in Business*, Montréal, Institut de recherches C. D. Howe, chapitre 6, pp. 169-179 et 186-191.

GOULD, J. M. (1984), « The future of nuclear power », *Monthly Review*, vol. 35, février, pp. 7-14.

GRANLI, L. et coll., *Nuclear Power and Safety*, New York, Columbia University Press.

GREEN, R. E. et R. M. WILLIAMS, *Nuclear Energy – One Road to Self-Sufficiency*, Énergie atomique du Canada, Limitée, rapport EACL-6963, Ottawa.

GRILICHES, Z. (1979), « Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth », *Bell Journal of Economics*, vol. 10, n° 1, pp. 92-116.

GUMMER, W. K. (1982), *Réglementation de l'industrie nucléaire canadienne*, Ottawa, Commission de contrôle de l'énergie atomique.

HARRIS, R. G. (1984), « Le commerce, la politique industrielle et la concurrence internationale », rapport préparé pour la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada, février.

HELLMAN, R. et C. J. C. HELLMAN (1983), *The Competitive Economics of Nuclear and Coal Power*, Lexington (Mass.), Lexington Books.

HILL, P. G. (1977), *Power Generation: Resources, Hazards, Technology, and Costs*, Cambridge (Mass.), MIT Press.

HINTON, C. (1955), « The graphite moderated gas cooled pile », *Power Reactors*, vol. 3, New York, Nations Unies.

HIRSHHORN, R. (1984), « Government enterprise and organizational efficiency », Ottawa, Conseil économique du Canada, reprographié.

HOME OIL COMPANY LIMITED (1969), « Energy demand forecast: Canada (Ontario and Quebec), 1970-1985 », préparé par la Home Oil Company Limited avec l'aide de Purvin and Gertz Inc. de Dallas (Texas).

HOOKER, C. A., R. MACDONALD, R. VAN HULST et P. VICTOR (1981), *Energy and the Quality of Life: Understanding Energy Policy*, Toronto, University of Toronto Press.

HOYLE, F. (1979), *Énergie ou extinction*, Paris, Buchet Chastel.

HUG, M. (1981), « How the French program is benefiting from standardization », *Nuclear Engineering International*, vol. 26, juillet, pp. 29-32.

HUNT, C. D. (1977), « Canadian policy and the export of nuclear energy », *University of Toronto Law Journal*, vol. 17, pp. 69-104.

HYDRO-ONTARIO (1981), rapport n° 5955, janvier, Toronto.

_____ (1982), rapport 620SP (voir Fong et coll., 1982), *Cost Comparison of CANDU Nuclear and Coal-Fuelled Generating Stations*, Toronto, Hydro-Ontario.

_____ (1983*a*), rapport NGD-9, Toronto.

_____(1983*b*), rapport NGD-10, « Economics of CANDU-PHW », Toronto.

_____ (1983*c*), rapport NGD-12, « World nuclear power reactor performance », Toronto.

HYDRO-QUÉBEC (1980), *Une stratégie pour la décennie 80*, Montréal, Hydro-Québec, le 16 décembre.

INTERNATIONAL CURRENCY REVIEW (1981), « Nuclear export policies of major nations », vol. 13, pp. 66-70.

JACKSON, H. A., L. W. WOODHEAD et G. R. FANJOY (1983), « Economics of CANDU-PHW », rapport NDG-10, Toronto, Hydro-Ontario.

JAUCH, L. R. A. (1983), « A descriptive inventory of some cutting edge research on strategic management », Southern Illinois University-Carbondale, reprographié.

JENKINS, G. P. (1980), « Public utility finance and economic waste », Harvard Institute for International Development, Université Harvard, reprographié.

JENNEKENS, J. H. F. (1979), « Nuclear energy in Canada: In search of the definitive inquiry », document présenté à la société des ingénieurs de l'Énergie atomique du Canada, Limitée, établissement de recherches nucléaires de Whiteshell, Pinawa (Manitoba), le 4 octobre, Ottawa, Commission de contrôle de l'énergie atomique.

JENSEN, M. C. et R. S. RUBACK (1983), « The market for corporate control: The scientific evidence », *Journal of Financial Economics*, avril.

JENSEN, M. C. et C. W. SMITH, Jr., ed. (1984), *The Modern Theory of Corporate Finance*, New York, McGraw-Hill.

JENSEN, M. C. et J. L. ZIMMERMAN, ed. (1985), « Symposium on management compensation and the managerial labor market in honor of William H. Meckling », *Journal of Accounting and Economics*, vol. 7, avril.

JOSKOW, P. L. (1976), « The international nuclear industry today », *Foreign Affairs*, vol. 54, n° 4, 1975-1976, pp. 788-803.

_____ (1977), « Commercial impossibility: The uranium market and the Westinghouse case », *Journal of Legal Studies*, vol. 6, janvier, pp. 119-176.

JOSKOW, P. L. et G. ROZANSKI (1979), « The effects of learning by doing on nuclear plant operating reliability », *Review of Economics and Statistics*, vol. 61, n° 2, mai, pp. 161-168.

JOSKOW, P. L. et R. SCHMALENSEE (1983), *Markets for Power: An Analysis of Electric Utility Deregulation*, Cambridge (Mass.), MIT Press.

KAKU, M. et J. TRAINER (1982), *Nuclear Power: Both Sides*, New York, W. W. Norton & Co.

KAMIEN, M. I. et N. L. SCHWARTZ (1982), *Market Structure and Innovation*, Cambridge (Mass.), Cambridge University Press.

KAY, N. M. (1982), *The Evolving Firm*, New York, St. Martin's Press.

KECK, O. (1980), « Government policy and technical choice in the West German Reactor Programme », *Research Policy*, vol. 9, p. 335.

KEELEY, J. F. (1980), « Canadian nuclear export policy and the problems of proliferation », *Analyse de politiques*, vol. 6, automne pp. 614-627.

KIKUNSKI, J. M., W. D. KAY et D. S. METLAY (1982), « Citizen knowledge and choices on the complex issue of nuclear energy », *American Journal of Political Science*, vol. 76, pp. 615-642.

KNELMAN, F. H. (1976), *Nuclear Energy: The Unforgiving Technology*, Edmonton, Hurtig Publications.

KNOX, R. (1981), « CANDU and power costs compared in Canada », *Nuclear Engineering International*, vol. 26, août, pp. 25-26.

KOMONOFF, C. (1977), *Power Plant Cost Escalation: Nuclear and Coal Capital Costs, Regulation and Economics*, New York, Komonoff Energy Association.

KREUGER, A. O. (1974), « The political economy of the rent-seeking society », *American Economic Review*, vol. 64, pp. 291-303.

LANGFORD, W. J. et H. K. RAE (1980), « Some highlights of R&D at AECL », rapport AECL-6954, Ottawa.

LANOUETTE, W. J. (1980), « The 'CANDU' reactor from Canada – Can it do the job down here? », *National Journal*, vol. 12, le 28 juin, pp. 1061-1063.

LEBLOND, D. (1980), « Taking the lead in nuclear power », *Petroleum Economist*, vol. 47, février, pp. 52-54.

_____ (1984), « European energy report », *Petroleum Economist*, vol. 51, février, pp. 62-63.

LECRAW, D. J. (1984*a*), « Industry decline and growth: Industrial policy and corporate strategy », rapport préparé pour la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada, février (révisé en mai 1984).

_____ (1984*b*), « La politique industrielle aux États-Unis – Un tour d'horizon », rapport préparé pour la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada, février 1984 (révisé en juin 1984).

LEGAULT, A. (1976), « Les ambiguïtés de la politique nucléaire du Canada », *Perspectives internationales*, janvier-février, pp. 9-14.

_____ (1978), « Le problème des garanties nucléaires », *Perspectives internationales*, juillet-août, pp. 22-26.

LENY, J. C. (1979), « Single suppliers chosen for efficiency », *Nuclear Engineering International*, mars, pp. 54-62.

LEONARD AND PARTNERS (1978), « L'impact économique de l'industrie de l'énergie nucléaire au Canada, sommaire administratif », Association nucléaire canadienne, Ottawa.

LESTER, R. (1983), « Japan's lead in nuclear power », *The Wall Street Journal*, le 16 novembre, p. 30.

_____ (1984), « Rx for nuclear power: The need for nuclear innovation », *Technology Review*, vol. 87, février-mars, pp. 45-48.

LICHTENBERG, F. R. (1984), « The relationship between federal contract R&D and company R&D », *American Economic Review*, vol. 74, mai, pp. 73-78.

LIDSKY, L. M. (1984), « Rx for nuclear power: The reactor of the future? », *Technology Review*, vol. 87, février-mars, pp. 52-56.

LILIENTHAL, D. E. (1980), *Atomic Energy: A New Start*, New York, Harper and Row.

LONROTH, M. et W. WALKER (1979), « The viability of the civilian nuclear industry », International Consultative Group on Nuclear Energy, parrainé conjointement par la Rockefeller Foundation et le Royal Institute on International Affairs, New York et Londres, respectivement.

LORTIE, P. et R. SCHWEITZER (1981), *Une stratégie pour le développement et le renforcement de l'industrie nucléaire canadienne*, rapport final, Montréal, Secor Inc.

LUCAS, A. R. et T. BELL (1977), *L'Office national de l'énergie – Ses politiques, sa procédure, ses pratiques*, rapport préparé pour la Commission de réforme du droit du Canada, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

LUCE, C. F. (1983), « Where is the electric utility industry headed in the 1980s? », *Public Utilities Fortnightly*, le 23 juin, pp. 15-19.

LYNEIS, J. M. et D. M. GERAGHTY (1984), « Electric utility strategies for the eighties: Taking advantage of a 'window of opportunity' », *Public Utilities Fortnightly*, le 24 mai, pp. 17-23.

MACKENZIE, J. J. (1984), « Rx for nuclear power: Finessing the risks of nuclear power », *Technology Review*, vol. 87, février-mars, pp. 34-44.

MACNABB, G. M. (1979), *Politiques de l'énergie nucléaire*, compte rendu du Congrès annuel de l'Association nucléaire canadienne, p. 20.

MALATESTA, P. H. (1983), « The wealth effect of merger activity and the objective functions of merging firms », *Journal of Financial Economics*.

MANSFIELD, E. et L. SWITZER (1984), « Effects of federal support on company financed R&D: The case of energy », *Journal of Management Science*.

MARCUS, G. M. (1983), « Japan Inc. and nuclear power », *Public Utilities Fortnightly*, vol. 5, n° 112, le 29 septembre, pp. 40-42.

MARSCHAK, J. et S. H. SCHURR, ed. (1950), *Economic Aspects of Atomic Power*, Cowles Commission for Research in Economics, Princeton, Princeton University Press.

MARSHALL, E. (1982), «The perils of Clinch River », *Science*, vol. 218, octobre, pp. 137-138.

_____ (1984), « The secret recipe of GE's reactor safety study », *Science*, vol. 225, juillet, p. 294.

MARTENSSON, M. (1968), « A statistical analysis of the construction costs of a nuclear power plant », International Comparison of Nuclear Power Costs, compte rendu d'un symposium tenu à Londres en octobre 1967, Vienne, Agence internationale de l'énergie atomique, pp. 125-128.

MARTINO, J. P. (1983), *Technological Forecasting for Decision Making*, 2e éd., Amsterdam, New York, Oxford, North-Holland.

MASELLA, I. M. (1984), « Rate moderation plans – Cushioning rate shock », *Public Utilities Fortnightly*, vol. 113, février, pp. 52-56.

MATHER, J. P. (1983), « World nuclear power reactor performance », rapport NGD-12, Toronto, Hydro-Ontario.

MATSUDA, Y. (1984), « Nuclear power in Japan: Present and future », *Journal of Japanese Trade and Industry*, vol. 6, novembre-décembre, pp. 12-26.

MCFETRIDGE, D. G. (1984), Some Thoughts on Crown Corporations: A Discussion of Issues Raised at the Symposium on Crown Corporation Performance, reprographié.

_____ (1985), « L'efficacité commerciale et politique – Une comparaison entre la société d'État, l'entreprise d'économie mixte et l'entreprise privée », rapport préparé pour la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada, Ottawa, reprographié.

MCINTYRE, H. (1979), « Conflicting estimates create uncertainties for CANDU », *Energy International*, vol. 16, mai, pp. 28-30.

MEYER, M. B. (1984), « Nuclear power plant cost underestimation: Mechanisms and corrections », *Public Utilities Fortnightly*, vol. 113, février, pp. 28-31.

MILES, R. E. et C. C. SNOW (1978), *Organizational Strategy, Structure, and Process*, New York, McGraw-Hill.

MILLER, S. A. (1978), « A nuclear difference: At stake is Europe's energy supply and/or the future of mankind », *European Community*, mai-juin, pp. 30-33.

MILLS, M. P. et R. STARR (1983), « France declares energy independence », *Across the Board*, vol. 20, n° 3, mars, New York, The Conference Board Inc.

MILNE, R. et F. PEARCE (1983), « Why Britain said 'No CANDU' », *New Scientist*, vol. 98, janvier, p. 614.

MONTGOMERY, D. W. et J. P. QUIRK (1976), « Cost escalation in nuclear power », National Science Foundation, Energy Research and Development Administration, Environmental Quality Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena.

MOSS, N. (1981), *The Politics of Uranium*, New York, Universe Books.

MURRAY, A. J., ed. (1975), « American energy in perspective », Proceedings of the 16th Annual University of Windsor Seminar on Canadian-American Relations, les 14 et 15 novembre 1974, Windsor, Université de Windsor.

NASTICH, M. (1981), « Cost advantages of nuclear energy in Ontario », *The Canadian Business Review*, vol. 8, hiver.

NELLIS, R. E. (1983), « Allocating nuclear power plant costs over time », *Public Utilities Fortnightly*, vol. 112, septembre, pp. 22-27.

NELSON, R. R., M. J. PECK et E. D. KALACHEK (1967), *Technology, Economic Growth and Public Policy*, a Rand Corporation and Brookings Institution Study, Washington (D.C.), The Brookings Institution.

NELSON, R. R. et S. G. WINTER (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge (Mass.), The Belknap Press of Harvard University Press.

NEW SCIENTIST (1982), « American fast breeder faces a sterile future », le 30 septembre, p. 895.

NOBLE, J. J. (1978), « Le Canada à la recherche de garanties nucléaires », *Perspectives internationales*, juillet-août, pp. 26-31.

NORDHAUS, W. D. (1977), « What is the value of advanced nuclear power? », Discussion Paper 449, Cowles Foundation for Research in Economics at Yale University, New Haven (Connecticut).

NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL (1966), « Heavy water: Special issue », juin, pp. 11 et 12.

_____ (1979), « Future dubious for CANDU exports », septembre, p. 5.

_____ (1981), « Framatome 600-MWE nuclear island for export markets », vol. 26, printemps, pp. 33-39.

_____ (1981), « Canada's nuclear future stands on exports », vol. 26, juillet, pp. 11 et 12.

_____ (1983), « Point Lepreau goes independent? », mai, pp. 12-13.

_____ (1983), « Ontario Hydro diversifies into tritum », juin, pp. 32-33.

_____ (1983), « Developing reactor designs for the 1990's », juin, pp. 46-47.

_____ (1983), « Canada looks for exports », août, p. 4.

_____ (1983), « Attention focusses on Pickering rupture », octobre, pp. 9-10.

_____ (1983), « Small CANDU is designed for export », novembre, p. 10.

_____ (1983), « Maritime lays plans for Point Lepreau 2 », novembre, p. 12.

_____ (1983), « Pickering shut down for tube test », décembre, p. 13.

NUCLEAR NEWS (1983), « World list of nuclear power plants, operable, under construction, or on order (3 MWe and over) as of December 31, 1982 », vol. 26, février, pp. 71-90.

O'DELL, P. R. et K. E. ROSING (1983), *The Future of Oil*, Londres, Kogan Page Publishers.

OHASHI, T. M. et T. P. ROTH (1980), *Privatization Theory and Practice* (Distributing Shares in Private and Public Enterprises), Cases: BCRIC, Petro-Canada, ESOPs, GSOPs, Vancouver (C.-B.), The Fraser Institute.

OILWEEK (1984), « Quadrupling of energy production costs predicted », le 23 juillet, p. 8.

O'LEARY, B. (1975), « R&D: The thin edge of the wedge », *Bulletin of the Atomic Scientists*, octobre, pp. 9-14.

OLSON, M. C. (1976), *Unacceptable Risk: The Nuclear Power Controversy*, New York, Bantam Books.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPEMENT ÉCONOMIQUES [OCDE] (1982), *Perspectives de l'énergie nucléaire jusqu'en l'an 2000*, rapport de l'Agence pour l'énergie nucléaire et de l'Agence internationale de l'énergie atomique, Paris, OCDE.

_____ (1983*a*), « Activité de l'AEN en 1982 », onzième rapport d'activité de l'Agence pour l'énergie nucléaire, Paris, OCDE.

_____ (1983*b*), « Législation nucléaire – Canada », Étude analytique, réglementation générale et cadre institutionnel des activités nucléaires, Agence pour l'énergie nucléaire, Paris, OCDE, pp. 37-52.

_____ (1984), « Statistiques de l'énergie – Canada », Statistiques de l'énergie et séries historiques principales, Agence internationale de l'énergie atomique, Paris, OCDE, pp. 22 et 24.

_____(1985*a*), *Responsabilité civile nucléaire et l'assurance – Bilan et perspectives*, compte rendu du symposium de Munich, du 10 au 14 septembre 1984, organisé conjointement par l'Agence pour l'énergie nucléaire et l'Agence internationale de l'énergie atomique, Paris, OCDE.

_____ (1985*b*), *L'énergie nucléaire et l'opinion publique*, rapport du secrétariat de l'Agence pour l'énergie nucléaire, Paris, OCDE.

PALDA, K. S. (1984), *Industrial Innovation: Its Place in the Public Policy Agenda*, Vancouver, The Fraser Institute.

PAPPS, I. (1975), *Government and Enterprise*, Hobart Papers n° 61, Londres (Angleterre), Institute for Economic Affairs.

PATTERSON, W. C. (1976), *Nuclear Power*, Harmondsworth (Middlesex), Angleterre, Penguin Books.

PEACOCK, D. (1976), « La filière CANDU », *Perspectives internationales*, janvier-février, pp. 3-9.

PEARCE, F. (1982*a*), « Critical time for Sizewell's reactor », *New Scientist*, vol. 95, le 22 juillet, pp. 216-217.

_____ (1982*b*), « Nuclear watchdog warns of Sizewell hazards », *New Scientist*, vol. 95, le 15 juillet, p. 139.

PERRY, R., ed. (1977), *Development and Commercialization of the LWR, 1946-76*, Santa Monica (CA.), Rand Corporation.

PORTER, A. (1978), [président] « A race against time: Interim report on nuclear power in Ontario », rapport du président de la Commission royale sur la planification de l'énergie électrique, Toronto.

_____ (1980), *Report of the Royal Commission on Electric Power Planning: Concepts, Conclusions and Recommendations*, vol. 1, Toronto.

PORTER, M. (1982), *Choix stratégiques et concurrence, techniques d'analyse des secteurs et de la concurrence dans l'industrie*, Paris, Economica.

POSEY, C. (1984), « On the uranium trail », *The Atlantic*, juin, pp. 22-24 et 29-30.

POTTER, W. C. (1982), *Nuclear Power and Nonproliferation Technology and Economics of Nuclear Power*, Cambridge (Mass.), Oelgeschlager, Gunn and Hain Publishers.

PRICHARD, J. R. S., ed. (1983), *Crown Corporations in Canada*, Conseil économique de l'Ontario, Toronto, Butterworths.

PRYKE, R. (1971), *Public Enterprise and Practice*, Londres, MacGibbon and Kee.

PUBLIC UTILITIES FORTNIGHTLY (1984), « Administration articulates a new nuclear strategy », le 7 juin, pp. 39-40.

RAE, B. (1983), « Is free wheeling hydro insulated from reality? », *The Globe and Mail*, édition nationale, le 13 octobre, p. 7.

RAMO, S. (1980), *The Management of Innovative Technological Corporations*, New York, Toronto, John Wiley.

RIBICOFF, A. A. (1976), « A market-sharing approach to the world nuclear sales problem », *Foreign Affairs*, vol. 54, n° 4, pp. 763-787.

ROBERTSON, J. A. L. (1978), « The CANDU reactor system: An appropriate technology », *Science*, vol. 199, n° 4329, ie 10 février, pp. 657-664.

_____ (1984), Mémoire du groupe de travail sur les politiques et les programmes fédéraux de développement technologique, le 14 mars, Ottawa, Société de recherche de l'EACL.

ROTH, E. B. (1984), « Review of the state and nuclear power: Conflict and control in the western world, by J. A. Camilleri », *Nature*, vol. 310, le 26 juillet, pp. 342-343.

RYLE, Sir Martin (1982), *Is There a Case for Nuclear Power?*, Londres, Mernard Press.

SASSOON, E. (1982), « Japanese policy for energy and raw materials », *International Review of Economics and Business*, vol. 29, décembre, pp. 1152-1168.

SAYLES, L. R. et M. K. CHANDLER (1971), *Managing Large Systems, Organizations for the Future*, New York, Harper & Row.

SHORROCK, T. (1982), « How the South Korean energy program has been saving the U.S. nuclear industry: U.S. taxpayers have paid, through Eximbank, $2.5 billion for Westinghouse sales », *Multinational Monitor*, vol. 3, mars, pp. 20-22.

SIMS, G. (1979), « The evolution of AECL », thèse de maîtrise (non publiée), Université Carleton, Ottawa.

_____ (1981), *Histoire de la Commission de contrôle de l'énergie atomique*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

SLIGL, V. R. (1982), Hydro-Ontario, « Cost comparison of a 4 by 500-MW coal-fueled and 4 850-MW CANDU nuclear generating stations », *American Nuclear Society Transactions*, vol. 41, supplément 1.

SMART, I., ed. (1982), *World Nuclear Energy: Toward a Crisis of Confidence*, The Royal Institute of International Affairs, Baltimore et Londres, The Johns Hopkins University Press.

SMITH, D. (1982), « A reactor designed for Sizewell », *New Scientist*, vol. 96, octobre, pp. 236-239.

SMITH, G. J. (1984), « Crown corporations and the marketing overseas of science and technology intensive goods and services: Brief observation on work in progress », non publié.

STEWART-PATTERSON, D. (1984), « Huge costs build up on AECL stockpile », *The Globe and Mail*, le 20 août.

SWEET, C. (1983), *The Price of Nuclear Power*, Londres (Angleterre), Heineman.

SWIFT, D. (1983), « Nuclear medicine: AECL's lifesavers get a great reaction in world markets », *Canadian Business*, vol. 56, mai, pp. 21-22.

TAVEL, C. (1975), *L'ère de la personnalité, essai sur la stratégie créatrice*, Paris, CNRS.

THE ECONOMIST (1977), « To breed or not to breed: Plutonium is the question », le 15 octobre, pp. 22-23.

_____ (1978), « Windscale: Four million words later », vol. 267, le 11 mars, pp. 72-73.

_____ (1980), « Nuclear reactors: French model », vol. 277, le 18 octobre, p. 116.

_____ (1981), « France: Atomic amour », vol. 280, n° 7202, le 21 septembre, p. 50.

_____ (1982), « Westinghouse/Mitsubishi: Inbreeding », vol. 282, le 6 février, pp. 71-72.

_____ (1982), « Getting rid of it », vol. 283, n° 7239, le 29 mai, pp. 93-94.

_____ (1984), « Nuclear power: Exit problems », le 28 juillet, p. 29.

THE GLOBE AND MAIL (1984), « South Korea plans to keep nuclear work », le 31 août, cahier B, p. 4.

_____ (1984), « Westinghouse expects nuclear power revival », Report on Business, le 9 octobre.

TOOZE, S. (1982), « Modest advance (German nuclear power) », *Nature*, vol. 298, le 26 août, p. 793.

TREBILCOCK, M. J., D. G. HARTLE, J. R. S. PRICHARD et D. N. DEWEES (1982), *Le choix des instruments d'intervention*, étude préparée pour le Conseil économique du Canada, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

TWISS, B. C. (1982), *Managing Technological Innovation*, 2e éd., Londres et New York, Longman Group Limited.

UNGER, H. (1982), « Nuclear power struggles: The real casualty of ideological warfare is the truth », rapport des États-Unis, *Canadian Business*, vol. 55, n° 6, juin, p. 37.

VERNON, J. M. (1971), *Nuclear Investment Planning in Civilian Nuclear Power*, Caroline du Nord, Duke University Press.

VERNON, R., ed. (1974), *Big Business and the State*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press.

VERNON, R. et Y. AHARONI, ed. (1981), *State-Owned Enterprise in the Western Economies*, New York, St. Martin's Press.

WAKSTEIN, C. (1978), « The Windscale decision », *Political Quarterly*, vol. 49, juillet, pp. 357-362.

WALGATE, R. (1984), « Overpowered (French nuclear energy) », *Nature*, vol. 311, septembre, p. 7.

WALKER, W. et M. LONNROTH (1983), *Nuclear Power Struggles, Industrial Competition and Proliferation Control*, Londres, Allen and Unwin.

WEAVER, R. K. (1984), « Government enterprise in competitive markets », document préparé pour le Conseil économique du Canada, reprographié.

WEBB, K. (1980), « Why nuclear energy? And is it safe enough? », *Canadian Geographic*, vol. 100, n° 4, août-septembre, pp. 52-57.

WEINBERG, M. et I. SPIEWAK (1984), « Inherently safe reactors and a second nuclear era » *Science*, vol. 224, le 29 juin, pp. 1398-1402.

WHITE, R. E. (1984), « The strategic management of commercially-oriented crown-owned companies », University of Western Ontario, London, reprographié.

WILLIAMSON, O. E. (1985), *The Economic Institutions of Capitalism*, New York, The Free Press.

WILSON, R. (1984), « Loose talk about nuclear power », *The Atlantic*, août, pp. 104-109.

WINTER, R. K. (1978), *Government and the Corporation*, Washington, American Enterprise Institute for Public Policy Research.

WINTROBE, R. (1984), « Public and private bureaucracies », projet préliminaire, reprographié.

WONDER, E. F. et R. W. MORRISON (1970), « Canada's nuclear export policy », Norman Paterson School of International Affairs, Université Carleton, Ottawa.

WONG, S. W. C. (1980), « CANDU export: Opportunities and challenges for Canada », *Energy International*, vol. 17, février, pp. 11-12.

WOODWARD, J. (1965), *Industrial Organization*, New York, Oxford University Press.

WYMAN, I. (1985), « Failure at Seabrook could set off a chain reaction », *Business Week*, octobre, p. 42.

WYNNE, B. E. (1982), « Rationality and revival: The Windscale inquiry and nuclear decisions in Britain », British Society for the History of Science, St. Giles, U. K. Monographs.

YOUNG, W. H. (1984), « The saga of Clinch River », *Public Utilities Fortnightly*, le 2 août, pp. 11-20.

ZERBE, R. O., Jr., ed. (1980), *Research in Law and Economics: A Research Annual*, vol. 2, Greenwich (Connecticut), JAI Press Inc.

ZIMMERMAN, M. B. (1982), « Learning effects and the commercialization of new energy technologies: The case of nuclear power », *Bell Journal of Economics*, vol. 13, n° 2, automne, pp. 297-310.

ZUKER, R. C. et G. P. JENKINS (1984), *L'or liquide – Production hydro-électrique et rente économique*, Conseil économique du Canada, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

Conseil économique
du Canada

Economic Council
of Canada